

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети
Кафедра Электрических сетей и электротехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы	
Проект создания распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ	
УДК <u>621.316.1.001.6</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Ушкалов Иван Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭСиЭ	Козлова Л. Е.	ассистент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Л.А.	к. т. н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и БЖД	Амелькович Ю. А.	к. т. н. доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	Кандидат технических наук		

Томск – 2016 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Ушкалову Ивану Владимировичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка отчислений в социальные фонды.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости, составление графика выполнения работ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Расчет затрат на проектирование</i>
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы.</i>
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет годовых эксплуатационных затрат</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Расчёт срока окупаемости капиталовложений.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Этапы и график разработки и внедрения ИР</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Л.А.	К. Т. Н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Ушкалов Иван Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Ушкалову Ивану Владимировичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	– Объект раздела: характеристика работ, операций, оборудования, условий выполнения рассматриваемого технологического процесса.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); <p>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</p>	<p>– Перечень опасных и вредных факторов при выполнении работ, источником которых является выбранное оборудование и технологический процесс.</p> <p>– Средства защиты. Организационные, технические мероприятия.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>– Анализ выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, твёрдых отходов от рассматриваемой технологии. Дать решения по обеспечению экологической безопасности окружающей среды, ссылки на НТД.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и 	<p>– Поведение объекта в ЧС и меры, необходимые для повышения устойчивости</p>

эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	при ЧС
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Нормативные документы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и БЖД	Амелькович Ю. А.	к. т. н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Ушкалов Иван Владимирович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения
 Специальность – Электроэнергетические системы и сети
 Уровень образования – специалист
 Кафедра электрических сетей и электротехники
 Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломный проект

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2016	<i>Введение. Исходные данные для проектирования распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ в городе Ленинске-Кузнецком</i>	24
26.04.2016	<i>Техническое задание на разработку проекта создания распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ</i>	44
10.05.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	13
20.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	11
23.05.2016	<i>Заключение. Список использованных источников</i>	8
24.05.2016	<i>Выполненный дипломный проект</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭСиЭ	Козлова Л. Е.	ассистент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к.т.н. доцент		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети

Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Прохоров А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-9202	Ушкалову Ивану Владимировичу

Тема работы:

Проект создания распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

12.05.2016 №3504/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

24.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Проект создания распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Проект создания распределительного пункта 6 кВ, совмещенного с ТП 6/0,4 кВ в г. Ленинск-Кузнецкий. Мероприятия по строительству электросетевого комплекса для обеспечения электроснабжения потребителей качественной электрической энергии. Составление сметы затрат и расчет срока окупаемости проекта. Социальная ответственность (производственная, экологическая, безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях).</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Однолинейная схема РП-6 кВ, РУ-6 кВ. Однолинейная схема РП-6 кВ, РУ-0,4 кВ.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, кандидат технических наук Коршунова Л.А.
Социальная ответственность	Доцент, кандидат технических наук Амелькович Ю. А.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭСиЭ	Козлова Л. Е.	ассистент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9202	Ушкалов Иван Владимирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 136 страницы, 4 рисунка, 4 схемы, 26 таблиц, 22 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: электроснабжение, строительство, трансформатор, распределительный пункт, напряжение, выключатель, ток, сопротивление, заземляющее устройство.

Объектом исследования является центральный район г.Ленинска-Кузнецкого, Северо-Кузбасская энергетическая компания, филиала ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть», Кемеровская область.

Цель исследования – разработка проекта по проектированию распределительного пункта 6 кВ совмещенного с трансформаторной подстанцией 6/0,4 кВ в центральном районе г.Ленинска-Кузнецкого. Объект повысит качество надежного и бесперебойного электроснабжения 1-й городской больницы, административно-бытового комбината ЗАО "Шахта Костромовская" и жилых микрорайонов, предоставляя дополнительные возможности для подключения новых потребителей.

По результатам исследования можно сделать вывод, что строительство электросетевого объекта приведет к возможности подключения и отбора необходимой мощности для электроустановок новых потребителей вводимых в работу.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ								
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Ушкалов И. В.			Реферат					Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Козлова Л. Е..										8	136
Реценз.										ТПУ ИнЭО гр. 3-9202			
Н.Контр													
Утвердил		Прохоров А.В.											

Определения, обозначения, сокращения

РП – распределительный пункт

ТП – трансформаторная подстанция

ТТ – трансформатор тока

ТН – трансформатор напряжения

ТСН – трансформатор собственных нужд

ТП – трансформаторная подстанция

ПС – подстанция

КЗ – короткое замыкание

ВВ – вакуумный выключатель

РУ – распределительное устройство

ЭУ – электроустановка

					<i>ФЮРА.140205.001 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Определения, обозначения, сокращения</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Ушкалов И. В.</i>						
<i>Руковод.</i>		<i>Козлова Л. Е.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>		<i>Прохоров А.В.</i>			<i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i>			
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
						9	136	

Содержание

Введение.....	12
1. Формирование схем главных электрических соединений электроустановок высокого напряжения	14
1.1. Общая характеристика объекта	14
1.1.1. Однолинейная схема понизительной подстанции.....	14
1.1.2. Схема главных электрических соединений.....	15
1.1.3. Параметры трансформаторов.....	16
1.2. Расчет токов короткого замыкания	17
1.2.1. Составление схемы замещения.....	17
1.2.2. Расчет сопротивлений до точек короткого замыкания	18
1.2.3. Расчет токов короткого замыкания	19
1.3. Выбор основного оборудования и токоведущих элементов распределительного пункта	22
1.3.1. Расчет максимальных рабочих токов.....	23
1.3.2. Определение величины теплового импульса	25
1.3.3. Выбор сборных шин и токоведущих элементов.....	26
1.3.4. Выбор выключателей.....	29
1.3.5. Выбор изоляторов	30
1.3.6. Выбор устройств защиты от перенапряжения	32
1.3.7. Выбор трансформаторов тока	32
1.3.8. Выбор и проверка трансформаторов напряжения	35
1.4. Выбор аккумуляторной батареи и трансформатора собственных нужд.....	37
1.4.1. Выбор аккумуляторной батареи	37
1.4.2. Выбор трансформатора собственных нужд (ТСН).....	39
1.5. Требования к распределительным устройствам	41
1.5.1. Открытые распределительные устройства	41
1.5.2. Закрытые распределительные устройства.....	41
1.6. Расчет заземляющего устройства.....	42
2. Вопрос углубленной проработки. Выбор выключателей 6 кВ.....	45
2.1. Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL	45
2.2. Конструкция выключателя	47
2.3. Вакуумная дугогасительная камера.....	50
2.4. Ретрофит	51
2.5. Устройства управления БУ/TEL	56

					ФЮРА.140205.016 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ушкалов И. В.			Содержание	Лит.	Лист
Руковод.		Козлова Л. Е.					10
Реценз.							136
Н.Контр						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202	
Утвердил		Прохоров А. В.					

2.5.1. Назначение.....	56
2.5.2. Внешний вид и габаритные размеры	60
2.5.3. Устройство и работа	61
2.5.4. Технические параметры	69
2.5.5. Описание исполнений БУ/TEL	72
2.5.6. Эксплуатационные ограничения	73
2.5.7. Подготовка БУ/TEL к использованию	74
2.6. Указания по применению и эксплуатации БУ/TEL	79
2.7. Техническое обслуживание	81
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	83
3.1. Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости.....	83
3.2. Расчет затрат на проектирование	86
3.3. Расчет капиталовложений на оборудование и строительно- монтажные работы.....	89
3.4. Расчет эксплуатационных затрат	92
3.5. Расчет показателей эффективности проекта	93
4. Социальная ответственность.....	96
4.1. Производственная безопасность	97
4.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	97
4.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	110
4.2. Экологическая безопасность.....	115
4.2.1. Защита селитебной зоны	115
4.2.2. Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы)	116
4.2.3. Анализ воздействия объекта на гидросферу	117
4.2.4. Анализ воздействия объекта на литосферу.....	117
4.2.5. Анализ воздействия объекта на биосферу.....	117
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	118
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	123
Заключение	132
Список использованных источников	133
Приложение А.....	136
Приложение Б.....	135

Введение

Развитие электроэнергетики нашей страны в программе экономического подъема и развития Российской Федерации, предусматривает проведение в жизнь активной энергосберегающей политики на базе ускорения научно-технического прогресса во всех звеньях народного хозяйства. На сегодняшний день идет развитие новых технологических решений, которые возможно помогут решить задачи высокого уровня развития экономики.

Электрофикация народного хозяйства России развивается по пути разработки и внедрения электроустановок с использованием современных высокоэффективных электрических машин и аппаратов, линий электропередач, разнообразного электротехнологического оборудования, средств автоматики и телемеханики. Поэтому наметилась тенденция к снижению энергопотребления и потерь электроэнергии у потребителей. В нашей стране создан мощный высокоэффективный топливно-энергетический комплекс, экономное и рациональное использование которого должно обеспечивать успешное решение народнохозяйственных планов.

Основной задачей проектирования новых промышленных объектов является создание наиболее простой схемы энергоснабжения наименее энергоемкого производства, наиболее полного использования всех видов энергии с наименьшими потерями.

Строительство распределительного пункта в центральном районе г.Ленинска-Кузнецкого в первую очередь вызвана необходимостью: реализации инвестиционной программы развития ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» по развитию электросетевой инфраструктуры в Кемеровской области области.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Ушкалов И. В.						12	136
Руковод.	Козлова Л. Е.					ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		
Реценз.								
Н.Контр								
Утвердил	Прохоров А. В.							

Проектирование распределительного пункта позволит решить задачи: 1) обеспечение электрической энергией вновь вводимых в эксплуатацию электроприемников потребителей бытовой нагрузки; 2) безопасной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования и сооружений путём внедрения передовых проектных решений; 3) предотвращения угроз для жизни и здоровья населения и сотрудников общества благодаря применению передовых методов эксплуатации, безопасных и удобных условий труда эксплуатационного персонала.

При строительстве РП-6 кВ должны быть обеспечены: 1) высокий уровень технологических процессов и качества строительных и монтажных работ; 2) экономическая эффективность, обусловленная оптимальным объемом привлекаемых инвестиций и ресурсов, и снижением эксплуатационных затрат; 3) соблюдение требований экологической безопасности и охраны окружающей среды; 4) ремонтпригодность применяемого оборудования и конструкций.

1. ФОРМИРОВАНИЕ СХЕМ ГЛАВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

1.1 Общая характеристика объекта

Новый распределительный пункт 6 кВ, совмещенный с трансформаторной подстанцией ТП 6/0,4 кВ мощностью 2х630 кВА, расположен в районе 1-й городской больницы, и предназначен для перевода питания местных потребителей с РП 6 кВ «РП-5» на ПС 110/6 кВ «Городская». В оборудование совмещенного с трансформаторами распределительного пункта вошли 2 силовых трансформатора мощностью 630 кВА, комплектный распределительный пункт 630/6-11-У1 с 16 ячейками КМ-1-КФ и 2 трансформаторами СН ТСКС-40/6-У3, а также низковольтный комплектный щитовой распределительный пункт 630/0,4-11-У1 с 7 панелями типа ЩО70-03. Кроме того, от ПС 110/6кВ «Городская» до распределительного пункта были проложены кабельные линии общей протяженностью 5,88 км.

Распределительный пункт поставляется комплектными блоками в количестве 6 штук и собирается на месте, на подготовленном фундаменте.

В строительство этого нового объекта ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» вложит порядка 12275 тысяч рублей.

Новый объект повысит качество надежного и бесперебойного электроснабжения 1-й городской больницы, административно-бытового комбината ЗАО "Шахта Костромовская" и жилых микрорайонов, предоставляя дополнительные возможности для подключения новых потребителей.

1.1.1 Однолинейная схема понизительной подстанции

Формирование схем главных электрических соединений ЭУ наиболее целесообразно производить, используя их однолинейные и структурные схемы

					ФЮРА.140205.016 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ушкалов И. В.			Общая характеристика объекта	Лит.	Лист
Руковод.		Козлова Л. Е.					14
Реценз.							136
Н.Контр						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202	
Утвердил		Прохоров А. В.					

[1,2]. Основным элементом, связывающим между собой РУ различных напряжений, являются силовые трансформаторы. Возможные варианты схем РУ различных напряжений в зависимости от способов подключения ПС к питающим ЛЭП и требованиям к надежности электроснабжения потребителей определяются рекомендациями Минэнерго и ведомственными решениями. По способу подключения к подстанции РП-10 является тупиковой (рисунок 1.1).

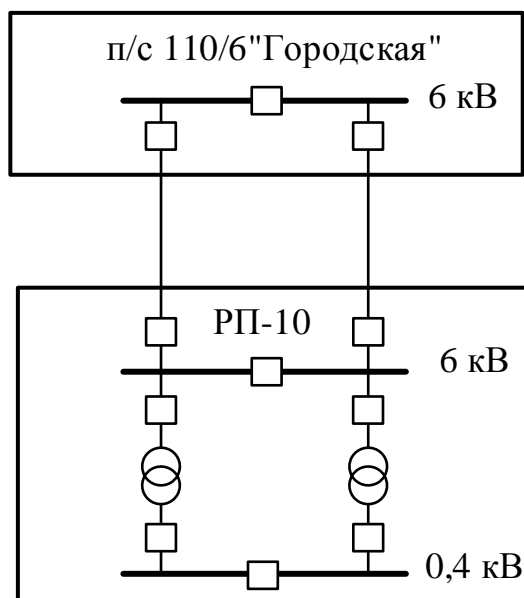


Рисунок 1.1 - Однолинейная схема питания РП-10

1.1.2 Схема главных электрических соединений

Структурные схемы ЭУ определяют основные планы входящих в их состав РУ. Требования к схемам РУ общего энергетического назначения устанавливает Минэнерго. РУ специального назначения (например, тягового электроснабжения) выполняется по указаниям соответствующих ведомств (например, МПС). Категория сложности схемы главных электрических соединений РУ зависит от рабочего напряжения, выполняемых функций и требований надежности электроснабжения потребителей [1].

Связь отдельных РУ осуществляется с помощью трансформаторов и автотрансформаторов. Полная схема главных электрических соединений ЭУ включает вводы РУ с указанием трансформаторных связей между ними,

измерительные трансформаторы (тока и напряжения) и фидера, питающие потребители электрической энергии [2].

РУ 6 кВ выполняется с одиночной, секционированной выключателем системой шин или двумя одиночными, секционированными выключателями системами шин.(рисунок 1.2).

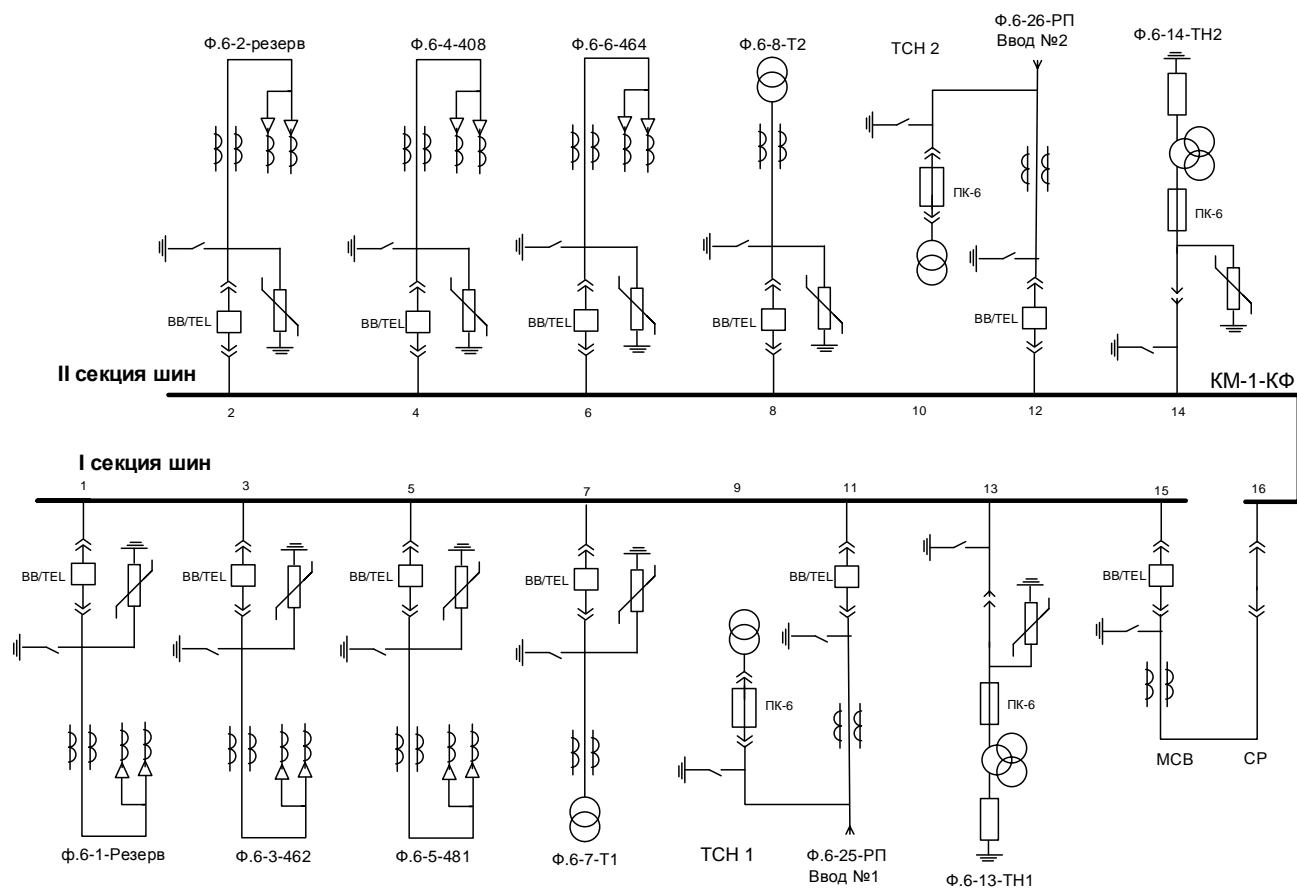


Рисунок 1.2 - Две секции шин 6 кВ

1.1.3 Параметры трансформаторов

На РП-10 устанавливаем два трансформатора. Исходя из нагрузок, мощность трансформатора составляет 630кВА. Далее, учитывая заданные напряжения РУ, согласно [4] выбираем соответствующие трансформаторы или автотрансформаторы. Принимаем ТМ-630/60,4/0,4. Его параметры представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1– Параметры трансформатора ТМ-630/60,4/0,4

S_n , кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	U_K , %	$P_{хх}$, Вт	$P_{кз}$, Вт	Группа и схема соединений
630	6,3	0,4	5,5	1010	7600	Y/Y _Н -0

1.2 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

1.2.1 Составление схемы замещения

Согласно [5], выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих элементов по электродинамической и термической устойчивости производится по току трехфазного короткого замыкания $I_k^{(3)}$, поэтому в проекте необходимо произвести расчет токов короткого замыкания $I_k^{(3)}$ для всех РУ и однофазного замыкания на землю $I_k^{(3)}$ для РУ питающего напряжения. Для чего на основании исходных данных и принятой схемы главных электрических соединений подстанции составляется структурная и расчётная схема (рисунок 1.4), а по ней схема замещения (рисунок 1.5) проектируемой РП [1].

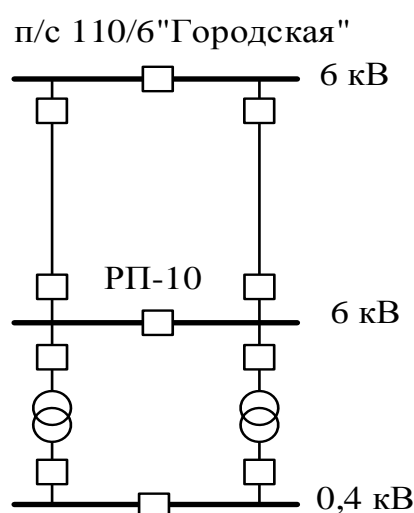


Рисунок 1.4 – Структурная схема РП-10 подстанции 6/0,4/0,4кВ «РП-10»

					ФЮРА.140205.016 ПЗ									
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
Разраб.		Ушкалов И. В.			Расчет токов короткого замыкания					Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Козлова Л. Е.										17	136	
Реценз.										ТПУ ИнЭО гр. 3-9202				
Н.Контр														
Утвердил		Прохоров А. В.												

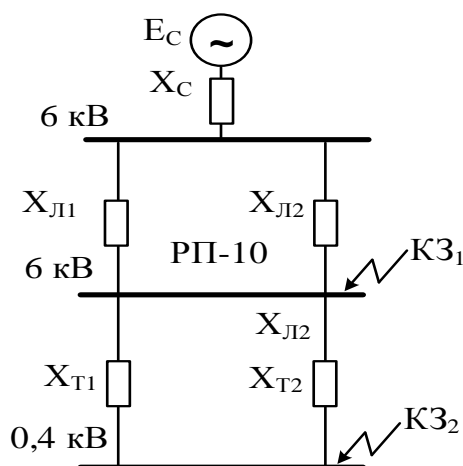


Рисунок 1.5– Схема замещения в максимальном режиме работы системы

1.2.2 Расчет сопротивлений до точек короткого замыкания

Определение параметров схемы замещения $X_{Л1}$

Расчет сопротивлений всех элементов схемы замещения ведется в относительных единицах. Расчет производится при условии, что система высшего (ВН) и среднего (СН) напряжений работают в максимальном режиме, т.е. все линии и генераторы включены, а переключатель РПН на автотрансформаторе находится в среднем положении.

Сопротивление системы

$$X_{с*б} = \frac{S_б}{S_{кз.с}} \quad (1.1)$$

где $S_б$ – базисная мощность, МВА;

$S_{кз.с}$ – мощность короткого замыкания системы, МВА

$$X_{с*б} = \frac{100}{1000} = 0,10$$

Сопротивление линий

$$X_{л} = \frac{x_0 * l * S_б}{U_б^2} \quad (1.2)$$

где $S_б$ – базисная мощность, МВА;

x_0 – удельное сопротивление линии, принимаем $x_0 = 0,4$ Ом/км;

l – длина линии, км;

$$X_{л} = \frac{0,4 * 5,88 * 100}{6,3^2} = 5,93$$

Для расчета сопротивления трансформатора используем следующую формулу

$$X_{T*б} = \frac{U_k}{100} * \frac{S_б}{S_{TH}} \quad (1.3)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания, %;

$S_б$ – базисная мощность, МВА;

S_{TH} – номинальная мощность автотрансформатора, МВА.

Таким образом, по выражению находим сопротивление трансформатора

$$X_{T*б} = \frac{5,5}{100} * \frac{100}{0,63} = 8,73$$

Расчет сопротивления до точки К1

Точка К1 находится на шинах 6кВ (рисунок 1.5). Сопротивление до нее равно сопротивлению системы плюс сопротивление линий, таким образом

$$X_{к1} = X_c + \frac{X_l}{2} = 0,10 + \frac{5,93}{2} = 3,06$$

Расчет сопротивления до точки К2

Точка К2 соответствует короткому замыканию на шинах 0,4кВ (рисунок 1.5). Согласно [5] для обеспечения надежности электроснабжения на подстанции установлено два трансформатора. Учитывая этот факт, находим сопротивление до точки К2

$$X_{к2} = X_{к1} + X_T = 3,06 + 8,73 = 11,79$$

1.2.3 Расчет токов короткого замыкания

Так как мощность питающей системы неограничена, то расчет ведем аналитическим методом, согласно [1]. Находим ток короткого замыкания в точке К1. Для этого определяем базисный ток по формуле (1.4), А

$$I_{бк1} = \frac{S_б * 10^3}{\sqrt{3} * U_{ст1}} \quad (1.4)$$

где $S_б$ – базисная мощность, равная 100 МВА;

$U_{ст1}$ – напряжение ступени, на которой произошло короткое замыкание, кВ.

$$I_{бк1} = \frac{100 * 1000}{\sqrt{3} * 6,3} = 9164 \text{ А}$$

Определим периодическую составляющую в произвольный момент времени [1], А

$$I^{(3)}_{к1} = \frac{I_{бк1}}{X_{к1}} \quad (1.5)$$

где $I_{бк1}$ – базисный ток, А;

$X_{к1}$ – сопротивление до короткого замыкания в точке К1.

Согласно формуле (1.5), получаем

$$I_{бк1} = \frac{9164}{3,06} = 2992 \text{ А}$$

Найдем ударный ток, согласно [1], он определяется следующим образом:

$$I_{удк1} = \sqrt{2} * I^{(3)}_{к1} * K_{уд} \quad (1.6)$$

где $I^{(3)}_{к1}$ – ток трехфазного короткого замыкания в точке К1, А;

$K_{уд}$ – ударный коэффициент, равный 1,85.

Используя формулу (1.6), получаем

$$I_{удк1} = 1,41 * 1,85 = 7828 \text{ А}$$

Находим ток короткого замыкания в точке К2. Для этого определяем базисный ток по формуле (1.6), А

$$I_{бк2} = \frac{100 * 1000}{\sqrt{3} * 0,4} = 144338 \text{ А}$$

Определим периодическую составляющую в произвольный момент времени [1], А

Согласно формуле (1.5), получаем

$$I^{(3)}_{к2} = \frac{144338}{11,79} = 12239 \text{ А}$$

Найдем ударный ток, согласно [1], он определяется следующим образом:

$$I_{удк2} = 1,41 * 122391,85 = 32021 \text{ А}$$

Для РУ-0,4 необходимо рассчитать ток однофазного замыкания. Согласно [3], его можно найти по формуле (1.7)

$$I^{(1)}_{к2} = 0,55 * I^{(3)} \quad (1.7)$$

где $I^{(3)}$ – ток трехфазного короткого замыкания, А.

Таким образом ток однофазного короткого замыкания для РУ-0,4, равен

$$I^{(1)}_{K2} = 0,55 * 12239 = 6732 \text{ A}$$

Значения токов короткого замыкания представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2– Значения токов короткого замыкания

	$U_{см}, \text{кВ}$	$I^{(3)}, \text{A}$	$i_{уд}, \text{A}$	$I^{(1)}, \text{A}$
K1	6,3	2992	7828	-
K2	0,4	12239	32021	6732

1.3 ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТОКОВЕДУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ПУНКТА

Электрооборудование распределительных устройств всех видов и напряжений по номинальным данным должно удовлетворять условиям работы, как при номинальных режимах, так и при коротких замыканиях. Класс изоляции оборудования должен соответствовать номинальному напряжению сети, а устройства защиты от перенапряжений по уровню изоляции электрооборудования.

Выбор электрооборудования производится на основе расчётных условий и данных электропромышленности о параметрах и технико-экономических характеристиках выпускаемых аппаратов и проводников.

Под расчётными условиями понимаются наиболее тяжёлые, но достаточно вероятные, в которых может оказаться электрический аппарат или проводник при различных режимах их работы в электроустановках. Расчётные условия – это фактически требования энергосистем и электроустановок к параметрам электрооборудования конкретной электрической цепи.

Различают четыре режима работы электроустановок и их элементов: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный. Аварийный режим является кратковременным, остальные – продолжительными. Различные аварийные режимы по продолжительности составляют обычно доли процента продолжительности рабочих режимов, но их условия могут оказаться крайне опасными для электрооборудования. Поэтому электрооборудование выбирается по расчётным условиям продолжительных рабочих режимов и обязательно проверяется по расчётным условиям аварийных режимов.

Электрические аппараты выбирают по условиям длительного режима работы сравнением рабочего напряжения и наибольшего рабочего тока присоединения, где предполагается установить данный аппарат, с его

					ФЮРА.140205.016 ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Ушкалов И. В.			Выбор основного оборудования и токоведущих элементов распределительного пункта			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Козлова Л. Е.								22	136
Реценз.								ТПУ ИнЭО гр. 3-9202			
Н.Контр											
Утвердил		Прохоров А. В.									

номинальным напряжением и током.

При выборе учитывается необходимое исполнение аппарата (для наружной и внутренней установки). Выбранные аппараты проверяют по условию короткого замыкания, согласно [1,6].

1.3.1 Расчет максимальных рабочих токов

Расчет максимальных рабочих токов основных присоединений подстанции производится, согласно [3,7], на основании номинальных параметров оборудования.

Питающие вводы подстанции

Пользуясь [1], находим максимальный рабочий ток питающих вводов подстанции, А

$$I_{p \max} = \frac{K_{тр} * n * S_{тн} * 10^3}{\sqrt{3} * U_{ст}} \quad (1.8)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транзит энергии через шины подстанции, равный 1,5;

n – число автотрансформаторов, подключенных к шинам подстанции, равное 2;

$S_{тн}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{ст}$ – напряжение ступени, кВ.

Окончательно по формуле (1.8), получаем, максимальный рабочий ток равен

$$I_{p \max} = \frac{1,5 * 2 * 125 * 10^3}{\sqrt{3} * 230} = 474 \text{ А}$$

Ввода силовых автотрансформаторов

Максимальный рабочий ток вводов силовых автотрансформаторов согласно [1], находим по формуле (1.9), А

$$I_{p \max} = \frac{K_n * S_{тн} * 10^3}{\sqrt{3} * U_{ст}} \quad (1.9)$$

где K_n – коэффициент перегрузки автотрансформаторов, равный 1,4;

$S_{тн}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{ст}$ – напряжение ступени, кВ.

Используя формулу (1.13), находим максимальные рабочие токи, А:
ввода трансформаторов

$$I_{p \max} = \frac{1,4 * 125 * 10^3}{\sqrt{3} * 230} = 60 \text{ А}$$

Сборные шины переменного тока

Для сборных шин переменного тока [1], максимальный рабочий ток определяем по формуле (1.10), А

$$I_{p \max} = \frac{K_n * K_{pH} * S_H * 10^3}{\sqrt{3} * U_{ст}} \quad (1.10)$$

где K_n – коэффициент перегрузки трансформаторов или автотрансформаторов, равный 1,4;

K_{pH} – коэффициент распределения нагрузки по сборным шинам, равный 0,5;

S_H – номинальная мощность нагрузки на шины, кВА;

$U_{ст}$ – напряжение ступени, кВ.

Таким образом, максимальный рабочий ток шин 6 кВ равен, А:

$$I_{p \max} = \frac{1,4 * 0,5 * 41,7 * 10^3}{\sqrt{3} * 6,3} = 2676,4 \text{ А}$$

Фидера районной нагрузки и линии 6 кВ

Для фидеров [1], максимальный рабочий ток определяем по формуле (1.11), А

$$I_{p \max} = \frac{K_n * S_{нагр}}{\sqrt{3} * U_{ст}} \quad (1.11)$$

где K_n – коэффициент перспективы, равный 1,3;

$S_{нагр}$ – номинальная мощность фидера, кВА;

$U_{ст}$ – напряжение ступени, кВ.

Ниже приведен пример расчета максимального рабочего тока предполагаемого в будущем фидера, отходящего от шин 6 кВ:

$$I_{p \max. \text{потр}} = \frac{1,3 * 20}{\sqrt{3} * 5,5} = 1,5 \text{ А}$$

Результаты расчёта максимальных рабочих токов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4– Максимальные рабочие токи основных присоединений
распределительного пункта

Присоединения	Ток I_{max} , А
Питающие вводы, А	474
Ввода, А: – трансформаторов	120
Сборные шины 6 кВ, А	210
Сборные шины – 0,4 кВ, А	900
Фидера 6 кВ	
ф 6-3-462	65
ф 6-4-408	75
ф 6-5-481	56
ф 6-6-464	78
ф 6-7-Т1	60
ф 6-8-Т2	60
ТСН-6 кВ, А.	2

1.3.2 Определение величины теплового импульса

Для проверки электрических аппаратов и токоведущих элементов по термической устойчивости в режиме короткого замыкания необходимо определить величину теплового импульса для всех РУ, $\text{кА}^2\text{с}$

$$B_k = (I^{(3)})^2 \cdot (B_* \cdot t_k + Ta) \quad (1.16)$$

где $I^{(3)}$ – периодическая составляющая сверхпереходного тока, кА;

$B_* = f(t_k)$ – относительное значение теплового импульса, для источников питания неограниченной мощности равное 1;

T_a – постоянная времени, с;

t_k – время протекания тока короткого замыкания, равное сумме t_3 и t_b , с;

t_3 – время срабатывания основной защиты, с;

t_b – полное время отключения выключателя, $t_b = 0,1$ с.

Ниже приведен пример расчета теплового импульса для вводов РУ-6 кВ.

$$B_k = (2,95)^2 \cdot (1 \cdot (0,1 + 2,4) + 0,05) = 22,21 \text{ кА}^2\text{с}$$

Для остальных РУ расчет аналогичен, его результаты представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.4– Расчет теплового импульса

Наименование РУ	I , кА	t_3 , с	t_k , с	B^*	B_k , $\text{кА}^2\text{с}$
Ввода РУ-6 кВ	2,95	2,4	2,5	1	22,21
фидера	2,66	0,3	0,4	1	19,01
РУ-0,4 кВ					

ВВОДЫ	20,66	0,9	1,0	1	448,03
-------	-------	-----	-----	---	--------

1.3.3 Выбор сборных шин и токоведущих элементов

Для распределительных устройств напряжением выше 20 кВ применяют гибкие шины из провода АС. Сборные шины 6 кВ выполняются жесткими алюминиевыми шинами.

Выбор сборных шин производится по условиям длительного режима работы и устойчивости в режиме короткого замыкания.

Выбор и проверка производится исходя из соблюдения следующих условий.

✓ По длительному режиму, А

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p \max} \quad (1.13)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток шины, А

$I_{p \max}$ – максимальный рабочий ток, А

✓ По термической стойкости, мм²

$$q_n > q_{\min} \quad (1.14)$$

где q_n – сечение, соответствующей шины, мм²;

q_{\min} – минимальное по условию допустимой температуры нагрева в режиме короткого замыкания сечения шины, равное, мм²

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} \quad (1.15)$$

где B_k – тепловой импульс, кА²с;

C – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала шины, согласно [1, 7], принимаем $C = 90 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

✓ По механической стойкости, МПа

$$[\sigma] \geq \sigma_{\text{расч}} \quad (1.16)$$

где $[\sigma]$ – допустимое напряжение, зависящее от материала шины, МПа;

$\sigma_{\text{расч.}}$ – расчетное напряжение в опасном сечении шины, равное, МПа

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{1,76 * (i_y)^2 * l^2}{a * W} \quad (1.17)$$

где $i_y^{(3)}$ – ударный ток трехфазного короткого замыкания, кА;

l – расстояние между опорными изоляторами, м;

a – расстояние между осями фаз, м;

W – момент сопротивления шины, м³.

$$W = h^2 * \frac{b}{3} \quad (1.18)$$

где b – толщина шины, м;

h – ширина шины, м;

Гибкие шины и кабели по условию электродинамической устойчивости не проверяются.

✓ По условию коронирования

$$0.9E_0 \geq 1.07E \quad (1.19)$$

где E_0 – максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля, при коротком замыкании возникает разряд в виде короны, кВ/см;

E – напряженность электрического поля около поверхности провода, кВ/см.

$$E_0 = 30,3 * m * (1 + 0,299 * \sqrt{r_{\text{пр}}}) \quad (1.20)$$

где m – коэффициент учитывающий шероховатость провода, равный 0,82;

$r_{\text{пр}}$ – радиус провода, см.

$$E = \frac{0.354 * U_{\text{л}}}{r_{\text{пр}} * \lg\left(\frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{пр}}}\right)} \quad (1.21)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение, кВ;

$D_{\text{ср}}$ – среднее геометрическое расстояние между проводами фаз при их горизонтальном положении, см.

$$D_{\text{ср}} = 1,26 * D \quad (1.22)$$

где D – расстояние между соседними фазами, равное (для ОРУ – 220 кВ) 400 см.

В качестве примера ниже приведен выбор сечения шин для РУ-6 кВ.

Минимальное сечение, согласно формуле (1.19)

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{22,21}}{90} = 52,37 \text{ мм}^2$$

Учитывая, что $I_{pmax}=474,43$ А, а $q_{min}=52,37$ мм², пользуясь [4], выбираем для РУ-6 кВ провод марки АС-240/39, с номинальным током 610 А и номинальным сечением 240 мм².

Для остальных распределительных устройств выбор шин и токоведущих элементов аналогичен, его результаты представлены в таблице 1.6. Однако для РУ-6 кВ применяют жесткие шины, поэтому необходимо провести еще и проверку по динамической стойкости, согласно формулам (1.18) – (1.20).

По максимальному рабочему току, равному 2676,4 А, используя [4] выбираем шины прямоугольного сечения по две полосы в фазе с размерами: Н = 100 мм, В = 10 мм; сечением $q_n = 997$ мм².

Так как в полюсе две полосы, $n = 2$, то принимаем $C = 90$.

Минимальное сечение, согласно формуле (1.19)

$$q_{min} = \frac{\sqrt{448,03}}{90} = 235 \text{ мм}^2$$

Момент сопротивления по формуле (1.22)

$$W = \frac{0,01^2 * 0,1}{3} = 3,3 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

Расчетное напряжение в опасном сечении шины по формуле (1.21) равно

$$\sigma_{расч} = \frac{1,76 * (54,43)^2 * 10^{-8} * 1^2}{0,25 * 3,3 * 10^{-6}} = 63,20 \text{ МПа}$$

Для алюминиевых шин из сплава АД31Т-1 разрушающее напряжение $\sigma_{разр.}=127,4$ МПа, а допустимое $[\sigma] = 89,2$ Мпа.

$$89,2 > 63,2 \text{ МПа.}$$

Условие соблюдается, для РУ-6 кВ принимаем к установке шины из двух полос в фазе марки АД31Т-1–100×10.

Результаты выбора сечения сборных шин сводим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6– Выбор сечения сборных шин и токоведущих элементов

Наименование РУ	Тип проводника	Длительный режим		Проверка в режиме короткого замыкания	
		$I_n I_{p.max}, \text{ А}$	$q_n \text{ мм}^2$	$q_n q_{min} \text{ мм}^2$	$[\sigma] \geq \sigma_{расч.} \text{ МПа}$
РУ-6кВ	АД31Т-1–100×10	2860,0 > 2676,4	997	997 > 235	89,2 > 63,2

РУ-0,4кВ	АДЗ1Т-1-100×10	2860,0> 2676,4	997	997>235	89,2 > 63,2
----------	----------------	-------------------	-----	---------	-------------

1.3.4 Выбор выключателей

При выборе выключателя, его паспортные данные сравнивают с расчетными условиями работы. Выбор производится с учетом наиболее тяжелого режима их работы. Ниже приведена методика выбора и проверки выключателя на примере РУ-6 кВ.

✓ По длительно допустимому току, А

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{max}} \quad (1.23)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток, А;

$I_{p.\text{max}}$ – максимальный рабочий ток, А

$$2500 \text{ А} > 474,4 \text{ А}.$$

Условие соблюдается.

✓ По отключению периодической составляющей, А

$$I_{\text{п}} \leq I_{\text{отк}} \quad (1.24)$$

где $I_{\text{п}}$ – ток трехфазного короткого замыкания, А;

$I_{\text{отк}}$ – ток отключения выключателя, А

$$2951,8 \text{ А} < 40000 \text{ А}.$$

Условие соблюдается.

✓ По отключению апериодической составляющей

$$i_{\text{на}} \geq i_{\text{ат}} \quad (1.29)$$

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} * I^{(3)} * e^{\frac{t_m}{\tau_a}} \quad (1.26)$$

где $I^{(3)}$ – ток трехфазного короткого замыкания, А;

t_m – минимальное время от начала короткого замыкания до момента расхождения контактов выключателя определяем по формуле

$$t_m = t_{c.\text{min}} + t_{c.\text{в}} \quad (1.27)$$

где $t_{c.\text{min}}$ – минимальное время срабатывания защит, равное 0,01, с;

$t_{c.\text{в}}$ – собственное время отключения выключателя, с

$$t_m = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с}.$$

$$i_{\text{на}} = \sqrt{2} * I_{\text{отк}} * (1 + \beta_{\text{ном}}) \quad (1.28)$$

где $I_{откл.}$ – номинальный ток отключения, кА;

$\beta_{нсм}$ – номинальное значение относительного содержания апериодической составляющей в отключаемом токе, $\beta_{нсм} = f(t_m)$, [4].

Согласно формулам (5.19) – (5.22), получаем

$$i_{at} = \sqrt{2} * 2951.8 * e^{\frac{0,06}{0,02}} = 207,44 \text{ А}$$
$$i_{на} = \sqrt{2} * 40000 * (1 + 0,25) = 14142,14 \text{ А}$$

Условие соблюдается.

✓ По термической стойкости

$$I_k^2 * t \geq B_k \quad (1.29)$$

где I_k – ток термической стойкости, кА;

t – время протекания тока термической стойкости, с;

B_k – тепловой импульс, $\text{кА}^2\text{с}$

$$I_k^2 = 50^2 * 3 = 7500 \text{ (кА}^2\text{с)}$$

Условие соблюдается, т.к. $B_k = 22,23 \text{ кА}^2\text{с}$.

Для РУ-6 кВ выбираем вакуумные выключатели типа ВВ/TEL-10-20/1000.

Для РУ-0,4 кВ выбираем автоматический выключатель ВА-55-43/1600.

1.3.5 Выбор изоляторов

Произведем выбор опорных изоляторов для РУ-6кВ. Сила действующая на изолятор при коротком замыкании определяется по формуле, Н

$$F = \frac{0,176 * i_y^{(3)2} l}{a} \quad (1.30)$$

где $i_y^{(3)}$ – ударный ток короткого замыкания, кА;

l – расстояние между опорными изоляторами, м;

a – расстояние между осями фаз, м.

Принимаем опорные изоляторы для внутренней установки типа ИО-10–7,5УЗ с разрушающей силой на изгиб $F_{разр.} = 7500 \text{ Н}$ и проверяем по условию, Н

$$F \leq 0,6 * F_{разр} \quad (1.31)$$

где F – сила, действующая на изолятор при коротком замыкании, Н;

$F_{разр}$ – разрушающая сила на изгиб, Н

$$F = \frac{0,176 * 54,04^2}{0,25} = 2056 \text{ Н}$$

$$2056 \text{ Н} \leq 0,6 \times 7500 \text{ Н}; 2056 \text{ Н} < 4500 \text{ Н}.$$

Условие соблюдается.

Произведем выбор проходных изоляторов РУ-6 кВ, должны выполняться следующие условия

$$I_H \geq I_{pmax} \quad (1.32)$$

где I_H – номинальный ток изолятора, А; I_{pmax} – максимальный рабочий ток, А.

$$F \leq F_{разр} \quad (1.33)$$

где F – сила, действующая на изолятор при коротком замыкании, Н;

$F_{разр}$ – разрушающая сила на изгиб, Н

$$F = 0,088 * i_y^2 * \frac{l}{a} \quad (1.34)$$

где $i_y^{(3)}$ – ударный ток короткого замыкания, кА;

l – расстояние между опорными изоляторами, м;

a – расстояние между осями фаз, м.

$$U_H \geq U_{раб} \quad (1.35)$$

где U_H – номинальное напряжение изолятора, кВ;

$U_{раб}$ – рабочее напряжение, кВ.

Для ввода в РУ-6 кВ выбираем изоляторы типа ИП-10/3150–30УХЛ2 и проверяем их по указанным выше условиям (1.30) – (1.35):

$$10 \text{ кВ} > 6 \text{ кВ}; 3150 \text{ А} > 2676 \text{ А};$$

$$F = \frac{0,088 * 54,04^2 * 1}{0,25} = 1028 \text{ Н}$$

$$1028 \text{ Н} < 30000 \text{ Н}.$$

Условие соблюдается. Результаты расчета по выбору изоляторов сводим в таблицу 1.4.

Таблица 1.6– Выбор изоляторов

Наименование РУ	Тип изоляторов и их количество в гирлянде	$U_{ном.} \geq U_{раб.} \text{ кВ}$	$I_H \geq I_{pmax.} \text{ А}$	$F \leq 0,6 \times F_{разр.} \text{ Н}$	$F \leq F_{разр.} \text{ Н}$
Шины РУ-6 кВ	ИО-10–7,5УЗ	10>6	–	3074<4500	

Ввод в РУ-6 кВ	ИП-10/3150–30УХЛ2	10>6	3150>676	–	1028<30000
Фидера 6 кВ	ИП-10/630–7,5–1УХЛ1	10>6	630>439,9	–	1028<7500

1.3.6 Выбор устройств защиты от перенапряжения

Здания и распределительные устройства подстанции защищаются от прямых ударов молнии молниеотводами и от волн перенапряжения.

Защита от волн перенапряжения, набегающих с воздушных линий, а также, от коммутационных перенапряжений может выполняться тросовыми молниеотводами, кабельными вставками, ограничителями перенапряжения и разрядниками.

Ограничители перенапряжения выбираются в зависимости от вида защищаемого оборудования. Вид защищаемого оборудования влияет на серию устанавливаемого ограничителя перенапряжения в связи с тем, что разные виды оборудования имеют различные виды изоляции.

Для РУ-6 кВ выбираем ограничители перенапряжений типа ОПН-6 ХЛ1.

1.3.7 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока (ТТ) выбираются:

- ✓ по напряжению электроустановки

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (1.36)$$

- ✓ по току

$$I_{рмах} \leq I_{1 ном} \quad (1.37)$$

где $I_{1 ном}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока, А.

Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей.

- ✓ по конструкции и классу точности.

- ✓ по электродинамической стойкости:

$$i_{уд} \leq K_{эд} * \sqrt{2} * I_{1 ном} \quad (1.38)$$

$$i_{уд} \leq i_{дин} \quad (1.43)$$

где $K_{эд}$ – кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{1 \text{ ном}}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока, А;

$i_{\text{уд}}$ – ударный ток короткого замыкания по расчёту, кА;

$i_{\text{дин.}}$ – ток электродинамической стойкости, кА;

✓ по термической стойкости

$$B_k \leq (K_T * I_{1 \text{ ном}})^2 * t_T \quad (1.40)$$

$$B_k \leq I_T^2 * t_T \quad (1.41)$$

где K_T – кратность термической стойкости;

I_T – ток термической стойкости, кА;

t_T – время термической стойкости, сек;

✓ по вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}} \quad (1.42)$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока, Ом;

$Z_{2 \text{ ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформаторов тока в выбранном классе точности, Ом.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому $Z_2 \approx r_2$ вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов, Ом

$$Z_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_k \quad (1.43)$$

Сопротивление приборов определяется по выражению, Ом

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} \quad (1.44)$$

где $S_{\text{приб.}}$ – мощность, потребляемая приборами, ВА;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, А.

Сопротивление контактов принимается 0,05 Ом при двух-трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов [1]. Сопротивление соединительных проводов зависит от их длины и сечения. Полученное сечение не должно быть менее 4 мм для проводов с алюминиевыми жилами, по условию механической прочности. Провода с сечением более 6 мм обычно не применяются [4]. Зная сопротивление провода можно определить сечение проводов, мм, по формуле

$$q = \frac{p * l_{\text{расч}}}{r_{\text{приб}}} \quad (1.45)$$

где p – удельное сопротивление материала провода, $\text{Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м}$;

$l_{\text{расч}}$ – расчётная длина провода, зависящая от схемы соединения трансформаторов тока, м.

Провода с алюминиевыми жилами имеют $p = 0,0283 \text{ Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м}$ [4].

Встроенные трансформаторы тока на электродинамическую и термическую стойкость не проверяются.

Пример расчета:

В РУ-6 кВ для установки принимаются трансформаторы тока типа ТОЛ-10-0,5/10Р со следующими параметрами [4]:

$$U_n = 10 \text{ кВ};$$

$$I_n = 300 \text{ А};$$

$$I_{\text{дин.}} = 25 \text{ кА};$$

$$I_T = 9,8 \text{ кА};$$

$$t_T = 3 \text{ сек.}$$

Проверка на электродинамическую стойкость

$$4,54 \text{ кА} < 25 \text{ кА.}$$

Проверка на термическую стойкость

$$I_T^2 t_T = 9,8^2 * 3 = 288,1 \text{ кА}^2 \text{с}$$

$$22,21 \text{ кА}^2 \text{с} < 288,1 \text{ кА}^2 \text{с.}$$

Общее сопротивление приборов

$$r_{\text{приб}} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}$$

Допустимое сопротивление проводов

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{пр}} - r_k$$

$$r_{\text{пр}} = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом}$$

Длина соединительных проводов в РУ-6 кВ – 150 м. Расчётное сечение провода

$$q = \frac{0,0283 * 150}{0,84} = 5,05 \text{ мм}^2$$

К установке принят контрольный кабель марки АКРВГ сечением 6 мм²
Соппротивление проводов при выбранном сечении

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 * 150}{6} = 0,7 \text{ Ом}$$

Вторичная нагрузка трансформаторов тока

$$Z_2 = 0,7 + 0,26 + 0,1 = 1,06 \text{ Ом}$$

1.3.8 Выбор и проверка трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения (ТН) проверяют по условиям [1,3]:

- ✓ по напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}} \quad (1.46)$$

- ✓ по конструкции и схеме соединения обмоток;

Конструкция и схема соединения обмоток должны соответствовать назначению трансформатора, которые могут быть одно- или трёхфазными.

- ✓ по классу точности;
- ✓ по вторичной нагрузке

$$S_{2\Sigma} \geq S_{\text{ном}} \quad (1.47)$$

где $S_{2\Sigma}$ – нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединённых к трансформатору напряжения, ВА;

$S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности, ВА.

Для упрощения расчётов нагрузку приборов можно не разделять по фазам, тогда

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma S_{\text{пр}} * \cos \varphi_{\text{пр}})^2 + (\Sigma S_{\text{пр}} * \sin \varphi_{\text{пр}})^2} = \sqrt{\Sigma P_{\text{пр}}^2} + \sqrt{\Sigma Q_{\text{пр}}^2} \quad (1.48)$$

где $P_{\text{пр}}$ – сумма активной нагрузки приборов, Вт; $Q_{\text{пр}}$ – сумма реактивной нагрузки приборов, Вар.

Для счётчиков активной и реактивной нагрузки $\cos \varphi = 0,38$, $\sin \varphi = 0,93$.
Для остальных приборов $\cos \varphi = 1$, [3]. Вторичную нагрузку трансформаторов напряжения составляют приборы контроля и измерения, а также реле

напряжения, входящие в комплекты защит. В ЗРУ-6 кВ установлены трёхфазные трансформаторы напряжения типа ЗНОЛП-6. Вторичная нагрузка 6 кВ указана в таблице 1.11

Таблица 1.11 - Вторичная нагрузка ТН-6 кВ

Наименование прибора	Тип прибора	Количество приборов	Мощность, ВА		$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Общая мощность	
			одной катушки	кол-во катушек			P_{np}, Bm	Q_{np}, Var
Счётчик активной энергии	САЗУ-И670М	6	4	2	0,38	0,93	3,0	7,4
Счётчик реактивной энергии	СРЗУ-И673М	6	7,5	3	0,38	0,93	8,6	20,9
Вольтметр	Э378	2	2,0	1	1,00	0,00	4	-
Ваттметр	Д335	2	1,5	2	1,00	0,00	6	-
Варметр	Д 335	2	1,5	2	1,00	0,00	6	-
Итого							27,6	28,4

Полная мощность, подключенная к ТН-6 кВ

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{27,6^2} + \sqrt{28,4^2} = 39,57 \text{ ВА}$$

Трансформаторы напряжения в таблице 1.12

Таблица 1.12 - Трансформаторы напряжения, установленные в распределительном пункте

Наименование присоединения	Тип трансформатора напряжения	$U_n \geq U_{уст} \text{ кВ}$	$S_{2H} \geq S_{2PACЧ. \text{ ВА}}$
ЗРУ-6 кВ	НТМИ-6-66	10=10	$500,0 \geq 39,57$

1.4 ВЫБОР АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ И ТРАНСФОРМАТОРА СОБСТВЕННЫХ НУЖД

1.4.1 Выбор аккумуляторной батареи

На РП-10 в качестве источника оперативного постоянного тока используются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи (АБ).

Напряжение $U_{ш}$ на шинах АБ принимаем равным 258 В при первичном напряжении 6 кВ. Напряжение подзаряда $U_{подз}$ принимаем для аккумуляторов типа СК равным 2,2 В.

Потребители постоянного тока приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13– Потребители постоянного тока

Потребители постоянного тока	Нагрузка на батарею, А	
	Длительная	Кратковременная
Устройство автоматики	$3100/220 = 14,5$	–
Аварийное освещение	$3600/220 = 16,4$	–
Привод выключателя	–	50,0
Итого	30,9	50,0

Ток длительного разряда в аварийном режиме, А

$$I_{дл. разр.} = I_{пост} + I_{вр} \quad (1.49)$$

где $I_{пост.}$ – ток постоянной нагрузки рабочего режима, А;

$I_{вр}$ – ток временной нагрузки, А.

Согласно таблице 6.1, $I_{пост.} = 14,5$ А, $I_{вр.} = 16,4$ А.

Следовательно, по формуле (1.49)

$$I_{дл. разр.} = 14,5 + 16,4 = 30,9 \text{ А}$$

Ток кратковременного разряда в аварийном режиме, А

$$I_{кр. разр.} = I_{дл. разр.} + I_{вкл} \quad (1.51)$$

где $I_{вкл.}$ – ток, потребляемый наиболее мощным приводом выключателя,

А.

$$I_{кр. разр.} = 30,9 + 50 = 128,9 \text{ А}$$

Необходимую емкость аккумуляторной батареи определяем по формуле

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Выбор аккумуляторной батареи и трансформатора собственных нужд	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ушкалов И. В.						
Руковод.		Козлова Л. Е.					37	136
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил		Прохоров А. В.				37		

(1.52.)

$$Q_{\text{расч}} = I_{\text{дл. разр.}} * t_{\text{ав}} \quad (1.52)$$

где $t_{\text{ав.}}$ – длительность разряда при аварии, равное 2 часа, [1]

$$Q_{\text{расч}} = 30,9 * 2 = 61,8 \text{ Ач}$$

Номер батареи по требуемой емкости

$$N_{\text{расч}} = \frac{1,1 * Q_{\text{расч}}}{Q_{N-1}} \quad (1.53)$$

где $Q_{N=1}$ – емкость аккумулятора типа СК-1, равное 22 Ач

$$N_{\text{расч}} = \frac{1,1 * 61,8}{22} = 3$$

Номер батареи по току кратковременного разряда

$$N_{\text{расч. кр.}} = \frac{I_{\text{кр. разр}}}{46} \quad (1.54)$$

где 46 – кратковременно допускаемый ток аккумулятора СК-1, А

$$N_{\text{расч. кр.}} = \frac{128,9}{46} = 2,8 \text{ А}$$

Принимаем $N = 3$, и окончательно принимаем СК – 3.

Полное число последовательно включенных элементов батареи

$$n = \frac{U_{\text{ш.в.}}}{U_{\text{п.з.}}} \quad (1.55)$$

где $U_{\text{ш.в.}}$ – напряжение на шинах выключателя, равное 258 В;

$U_{\text{п.з.}}$ – напряжение аккумуляторного элемента при подзарядке, равное 2,15 В

$$n = \frac{258}{2,15} = 120 \text{ шт.}$$

Определяем расчетную мощность подзарядного агрегата, Вт

$$P_{\text{расч.ЗПУ}} = U_{\text{зар}}(I_{\text{зар}} + I_{\text{пост}}) \quad (1.56)$$

где $U_{\text{зар}}$ – напряжение заряда, В;

$I_{\text{зар}}$ – зарядный ток батареи, А.

$$U_{\text{зар}} = n * 2,15 + (2 \div 3) \quad (1.57)$$

По формуле (1.57), находим напряжение заряда, В

$$U_{\text{зар}} = 120 * 2,15 + 2 = 260 \text{ В}$$

Зарядный ток батареи, А

$$I_{зар} = 3,75 * N \quad (1.58)$$

$$I_{зар} = 3,75 * 3 = 11,25 \text{ А}$$

Согласно формулам определяем мощность зарядно-подзарядного агрегата

$$P_{расч.ЗПУ} = 260 * (11,25 + 14,5) = 6695 \text{ Вт}$$

В качестве зарядно-подзарядного выбираем два выпрямительных агрегата типа ВАЗП-380/260–40/40. Характеристики ВАЗП-380/260–40/40:

- Номинальное напряжение – 260 В;
- Напряжение питающей сети – 380 В;
- Выпрямительный ток – 40 А;
- Потребляемая мощность – 10,4 кВт

1.4.2 Выбор трансформатора собственных нужд (ТСН)

Ранее (пункт 1.3.1) была принята ориентировочная нагрузка ТСН св случае присоединения к нему местных потребителей – поселки Новостройка, Лапшиновка). Уточним мощность с учетом питания собственных нужд подстанции. Требуемую мощность для питания собственных нужд переменного тока определяем суммированием присоединенной мощности всех потребителей.

Для каждого потребителя параметры определяются по формулам:

$$P_{расч} = P_y * K_c \quad (1.63)$$

$$K_m = \cos \varphi \quad (1.64)$$

$$Q_{расч} = P_{расч} * tg \varphi \quad (1.66)$$

Расчетную мощность собственных нужд определяем по формуле

$$S_{с. н. рас.} = \sqrt{\Sigma P_{рас}^2 + \Sigma Q_{рас}^2} \quad (1.66)$$

Расчетная мощность трансформатора собственных нужд вычисляется по формуле

$$S_{тсн. рас.} = 0,8 \div 0,9 S_{с. н. рас} \quad (1.67)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 1.14.

Таблица 1.14– Расчет мощности потребителей собственных нужд

Наименование потребителей	Установленная мощность P_u , кВт	Коэффициент спроса K_c	Коэффициент мощности K_m	Расчетная активная мощность потребителей $P_{расч.}$, кВт	Расчетная реактивная мощность потребителей $Q_{расч.}$, кВар
Рабочее освещение	21,0	0,7	1,0	14,7	0,0
Аварийное освещение	16,4	1,0	1,0	16,4	0,0
Моторные нагрузки	23,0	0,6	0,8	13,8	10,3
Печь отопления и calorifer	90,0	0,7	1,0	63,0	0,0
Цепи управления, РЗА и сигнализация	1,7	1,0	1,0	1,7	0,0
ВАЗП	10,4	1,0	1,0	10,4	0,0
Итого	162,5			120,0	10,3

Мощность собственных нужд, кВА

$$S_{с. н.} = \sqrt{12^2} + \sqrt{106,1^2} = 15,8 \text{ кВА}$$

Расчетная мощность ТСН

$$S_{ТСН} = S_{с. н.} + S_{потр} = 15,8 + 20 = 35,8 \text{ кВА}$$

Выбираем двухобмоточный трехфазный трансформатор внутренней установки типа ТМ-630/10У1 со следующими характеристиками:

- Номинальная мощность, $S_n - 40 \text{ кВА}$;
- Номинальное напряжение, $U_{вн.} - 6 \text{ кВ}$;
- Номинальное низкое напряжение, $U_{нн.} - 0,4 \text{ кВ}$;
- Потери холостого хода, $\Delta P_{х.х.} - 0,051 \text{ кВт}$;
- Потери короткого замыкания, $\Delta P_{к.з.} - 0,265 \text{ кВт}$;
- Ток холостого хода, $I_{х.х.} - 2,4\%$;
- Напряжение короткого замыкания, $U_k - 4,5\%$.

К установке принимаем два трансформатора, подключенные к шинам 6 кВ.

1.5 ТРЕБОВАНИЯ К РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВАМ

Распределительные устройства подстанции выполняются в соответствии с требованиями строительных, противопожарных, ведомственных норм и ПУЭ. К основным требованиям следует отнести высокую надежность работы оборудования, безопасность обслуживания и экономичность.

1.5.1 Открытые распределительные устройства

Конструктивные элементы ОРУ изготавливаются с использованием железобетонных конструкций. Минимальное расстояние от токоведущих частей до заземленных конструкций, а также между оборудованием соответствуют требованиям ПУЭ. ОРУ komponуют из отдельных ячеек в которых устанавливается оборудование присоединений. Под силовыми трансформаторами с количеством масла более 1000 кг выполняются бетонированные маслоприемники с дренажными приемниками на полный объем масла.

Компоновка оборудования подстанции выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД, ПУЭ и рекомендациями типовых проектных разработок.

1.5.2 Закрытые распределительные устройства

Элементы закрытых распределительных устройств размещаются в здании подстанции, которое сооружается из унифицированных железобетонных конструкций или прокатных панелей.

Отопление помещений – электрическое, за исключением помещения аккумуляторной батареи, где применяем водяное отопление.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ушкалов И. В.			Требования к распределительным устройствам		Лит.	Лист
Руковод.		Козлова Л. Е.						Листов
Реценз.								
Н.Контр								
Утвердил		Прохоров А. В.						
						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		

1.6 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Предварительно принимаем следующие выражения расчетных величин.

- Длина горизонтальных величин, м

$$L_T = (22 \div 25) * \sqrt{S} \quad (1.64)$$

где S – площадь заземляющего контура, m^2 , принимается $S = 200 m^2$

$$L_T = 25 * \sqrt{200} = 25\sqrt{36948,2} = 354 \text{ м}$$

- Число вертикальных заземлителей (электродов), шт.

$$n_B = (0,3 \div 0,35) * \sqrt{S} \quad (1.65)$$

$$n_B = 0,35 * \sqrt{200} = 49,50 = 49 \text{ шт.}$$

- Длина вертикального заземлителя, м

$$l_B \geq 2 * h \quad (1.66)$$

$l_B \geq 2 * 2,2 = 4,4 \text{ м.}$ Принимаем $l_B = 5 \text{ м.}$

- Расстояния между вертикальными электродами, м

$$a \geq 2 * l_B$$

$a \geq 2 * 5 = 10 \text{ м.}$ Принимаем $a = 12 \text{ м.}$

Общая длина вертикальных заземлителей, м

$$L_B = n_B * l_B \quad (1.67)$$

$$L_B = 49 * 5 = 247 \text{ м}$$

Сопротивление заземляющего контура, Ом

$$R_3 = A * \frac{P_3}{\sqrt{S}} + \frac{P_3}{L_T + L_B} \quad (1.68)$$

$$p_3 = \left(\frac{p_1}{p_2} \right) * \alpha * p_2 \quad (1.69)$$

$$A = 0,444 - 0,84 * \frac{l_B * h_T}{\sqrt{S}}, \text{ при } 0 < \frac{l_B + h_T}{\sqrt{S}} < 0,1 \quad (1.70)$$

$$\frac{l_B + h_T}{\sqrt{S}} = \frac{5 + 2}{\sqrt{200}} = 0,041; 0 < 0,041 < 0,1$$

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ушкалов И. В.			Расчет заземляющего устройства		Лит.	Лист
Руковод.		Козлова Л. Е.						42
Реценз.								136
Н.Контр							ТПУ ИнЭО гр. 3-9202	
Утвердил		Прохоров А. В.						

$$A = 0,335 - 0,25 \frac{l_B * h_\Gamma}{\sqrt{S}}, \text{ при } 0,1 < \frac{l_B + h_\Gamma}{\sqrt{S}} < 0,5 \quad (1.71)$$

$$\alpha = 0,19 * (1 + lg * \frac{4,8 * h}{l_B}), \text{ при } 0,1 \leq \frac{p_1}{p_2} \leq 1 \quad (1.72)$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{300}{90} = 3,333$$

$$\alpha = 0,43 * \frac{h * h_\Gamma}{l_B} + 0,27 lg \frac{a}{l_B} + 0,4, \text{ при } 1 \leq \frac{p_1}{p_2} \leq 10 \quad (1.73)$$

По формуле (1.71) находим

$$A = 0,444 - 0,84 * \frac{5 * 2}{\sqrt{36948,2}} = 0,3916$$

Так как $1 \leq 3,333 \leq 10$, то по формуле (1.72)

$$\alpha = 0,43 \frac{2,2 * 2}{6} + 0,27 lg \frac{12}{6} + 0,4 = 0,536$$

Находим эквивалентное сопротивление грунта по формуле (1.73)

$$p_э = \left(\frac{300}{90} \right) * 0,536 * 90 = 106,01 \text{ Ом}$$

Находим сопротивление заземляющего контура

$$R_з = 0,3916 * \frac{106,1}{\sqrt{36948,2}} + \frac{106,01}{4805 + 403} = 0,473 \text{ Ом}$$

Проверим по допустимому сопротивлению, Ом

$$R_з \leq [R_з] \quad (1.74)$$

где $[R_з]$ – допустимое сопротивление, Ом, равняется 0,5 Ом

$$0,473 < 0,5 \text{ Ом.}$$

Определение напряжения прикосновения

Напряжение прикосновения определяется по формуле, В

$$U_{пр} = I_k^{(1)} * R_з * K_{пр} \quad (1.75)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент прикосновения

$$K_{пр} = \left(M * \beta * \frac{a * \sqrt{S}}{l_B * l_\Gamma} \right) * 0,45 \quad (1.76)$$

где β – коэффициент, характеризующий условия контакта с землей, Ом;

$$M = 0,7$$

$$\beta = \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{с}}} \quad (1.77)$$

где $R_{\text{л}}$ – сопротивление человека, равное 1000 Ом;

$R_{\text{с}}$ – сопротивление растекания со ступней, Ом.

$$R_{\text{с}} = 1,5 * p_1 \quad (1.78)$$

$$R_{\text{с}} = 1,5 * 300 = 450 \text{ Ом}$$

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 450} = 0,69 \text{ Ом}$$

$$K_{\text{пр}} = 0,7 * 0,69 * \left(\frac{12 * \sqrt{36948,2}}{6 * 4805} \right) * 0,45 = 0,155$$

Определим ток однофазного замыкания на землю, кА

$$I_{\text{кз}}^{(1)} = 0,55 * I_{\text{кз}}^{(3)} \quad (1.79)$$

$$I_{\text{кз}}^{(1)} = 0,55 * 2,8 = 1,54 \text{ кА}$$

Определим напряжения прикосновения для РУ-6 кВ

$$U_{\text{пр}} = 1540 * 0,473 + 0,155 = 112 \text{ В}$$

Допустимое значение напряжения прикосновения для РУ-6 кВ при времени протекания тока однофазного короткого замыкания равного 0,2 с составляет 400 В.

$$[U_{\text{пр}}] \geq U_{\text{пр}} \quad (1.80)$$

$$400 \text{ В} \geq 112 \text{ В}.$$

Условие соблюдается.

2. ВОПРОС УГЛУБЛЕННОЙ ПРОРАБОТКИ. ВЫБОР ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ 6 кВ

В последние 10 лет на предприятии проводится работа по замене масляных выключателей на вакуумные. Предприятие, в основном сотрудничает с фирмой «Таврида Электрик» и устанавливает ее вакуумные выключатели ВВ/TEL.

2.1 Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL

Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL предназначены для эксплуатации в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением до 10 кВ с изолированной и компенсированной нейтралью в нормальных и аварийных режимах.

Выключатели ВВ/TEL применяются в ячейках КРУ внутренней и наружной установки, а также в камерах КСО, как при новом строительстве, так и при замене выключателей прошлых лет выпуска.

Отличительные особенности:

- высокий коммутационный и механический ресурсы;
- отсутствие необходимости проведения текущего и среднего ремонтов;
- питание цепей управления от сети постоянного, выпрямленного и переменного оперативного тока;
- малое потребление мощности из сети оперативного питания;
- возможность отключения при потере оперативного питания;
- полная взаимозаменяемость с устаревшими маломасляными выключателями по главным и вспомогательным цепям;
- возможность работы в любом пространственном положении;
- малые габариты и масса.

					<i>ФЮРА.140205.016 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Ушкалов И. В.</i>			<i>Вопрос углубленной проработки. Выбор выключателей 6 кВ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Козлова Л. Е.</i>					45	136
<i>Реценз.</i>						<i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i>		
<i>Н.Контр</i>								
<i>Утвердил</i>		<i>Прохоров А. В.</i>						

Все вакуумные выключатели серии ВВ/TEL полностью испытаны на соответствие требованиям российских стандартов и имеют сертификаты соответствия системы ГОСТ R.

Выключатель ВВ/TEL действительно не требует проведения планово-предупредительных ремонтов на протяжении всего срока эксплуатации благодаря высокой надежности конструкции, отсутствию изнашивающихся деталей и высокой стабильности заводских регулировок выключателя. Для поддержания высокой эксплуатационной готовности рекомендуются следующие операции по обслуживанию выключателя (согласно ТШАГ 674152.003 РЭ изм. 1 п 4.4.):

- протирка изоляции сухим безворсовым материалом;
- проверка электрической прочности главных цепей выключателя промышленным напряжением 42 кВ (1 мин);
- замер переходного сопротивления главных цепей выключателя;
- проверка выключателя многократными опробованиями (не менее 5 включений - отключений).

Рекомендуемая периодичность проверок - через 2 года после установки выключателя, в дальнейшем подобные проверки производить один раз в 5 лет. При этом рекомендуется провести вторую проверку до истечения гарантийного срока - 7 лет с момента изготовления выключателя.

Безотказность работы выключателя обеспечивается соблюдением условий монтажа и эксплуатации:

Минимальная рабочая температура	-40°C
Максимальная рабочая температура	+55°C
Максимальная относительная влажность (допускается конденсация росы)	100% при +25°C
Максимальная высота над уровнем моря (без изменения рабочих характеристик)	1000 м

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	ВВ/TEL-12,5/1000 У2	ВВ/TEL-10-20/1000 У2	ВВ/TEL-10-20/1600 У2	ВВ/TEL-10-25/1600 У2
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10
Номинальный ток, А	630,1000	630,1000	1600	1600
Номинальный ток отключения,	12,5	20	20	25
Ток электродинамической стойкости, (амплитуда), кА	32	51	51	64
Испытательное кратковременное напряжение (одноминутное) промышленной частоты, кВ	42	42	42	42
Ресурс по коммутационной стойкости:				
а) при номинальном токе, циклов "ВО"	50000	50000	30000	30000
б) при номинальном токе отключения, операций «0»	100	150	150	50
в) при номинальном токе отключения, циклов «ВО»	100	100	50	50
Собственное время отключения,	15	15	15	15
Полное время отключения, мс,	25	25	25	25
Собственное время включения,	70	70	70	70
Стойкость к механическим воздействиям, группа по ГОСТ 17516.1-90	M7	M7	M7	M7
Масса выключателя, кг, не более:				
а) с межполюсным расстоянием 200 мм	35	35	65	65
б) с межполюсным расстоянием 250 мм	37	37	70	70

2.2 Конструкция выключателя

Выключатель состоит из трех полюсов, установленных на металлическом основании, в котором размещены пофазные электромагнитные приводы с магнитной защелкой, удерживающей выключатель неограниченно долго во включенном положении после прерывания тока в катушке электромагнита привода.

Остальные узлы полюсов размещаются в изоляционном корпусе из прозрачного механически прочного и дугостойкого полимерного материала (лексана), который предохраняет их от возможных в эксплуатации

механических повреждений и воздействий электрической дуги тока короткого замыкания. Все три полюса имеют одинаковую конструкцию.

Включение выключателя

Командой на включение от блока управления подается постоянное напряжение на катушку электромагнита 11(рисунок 3.1).

Под действием электромагнитных сил якорь 12 начинает двигаться вверх и через пружину поджатия 10 заставляет двигаться тяговый изолятор 5 и подвижный контакт 3, сжимая при этом пружину отключения 9.

После замыкания контактов 1 и 3 якорь продолжает двигаться еще 2 мм до упора, сжимая пружину 10 и создавая необходимое поджатие между контактами ВДК 2.

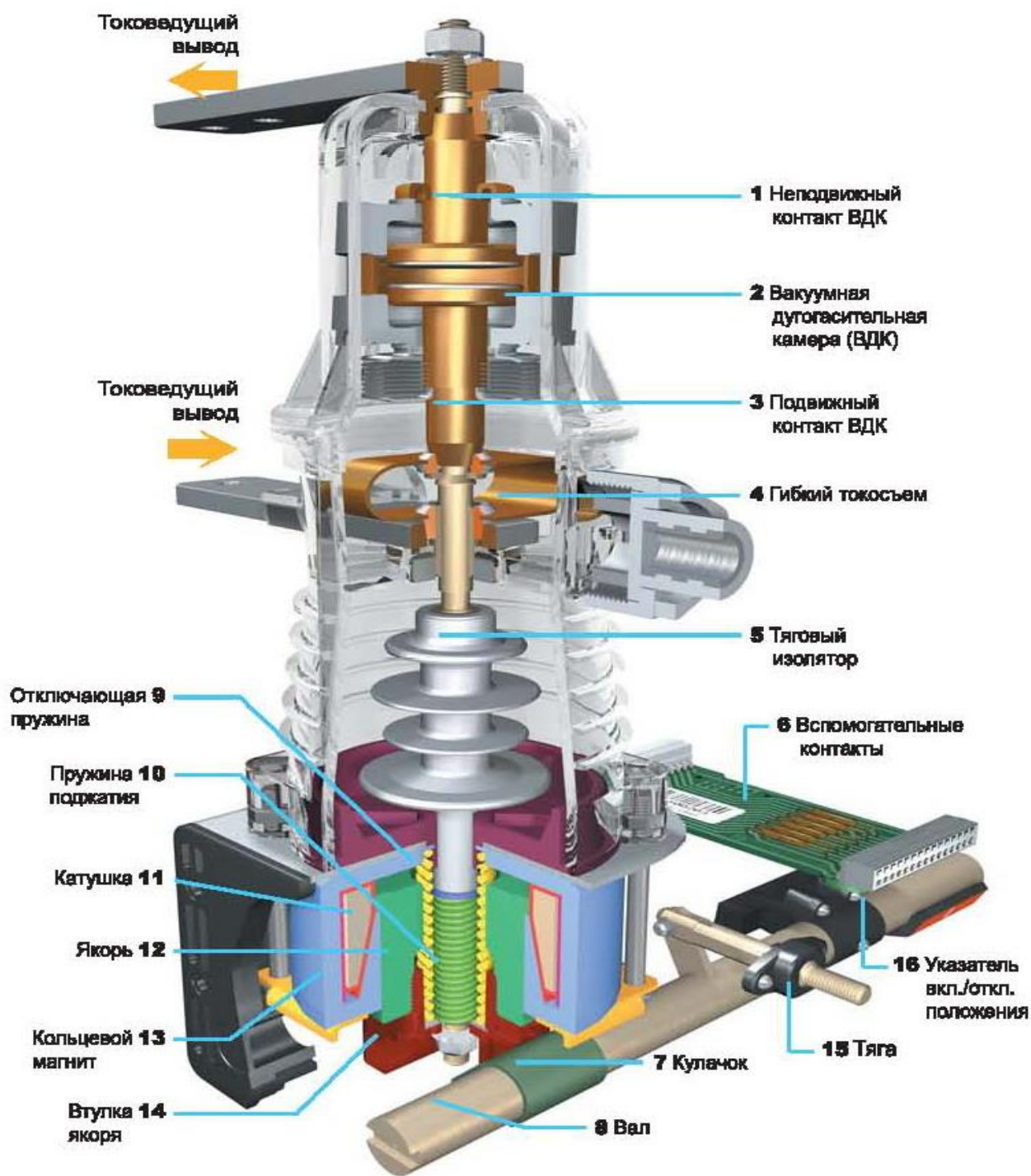
Общий ход якоря составляет 8 мм, а ход подвижного контакта 6 мм.

После снятия напряжения якорь остается во включенном положении благодаря остаточной индукции в кольцевом магните 13.

Отключение выключателя

Командой на отключение от блока управления на катушку 11 подается напряжение противоположной полярности, чем при включении. Магнит 13 при этом частично размагничивается, якорь 12 снимается с магнитной защелки и под действием пружин 9 и 10 перемещается совместно с подвижными частями выключателя в отключенное положение. В этом положении они удерживаются силой отключающей пружины 9.

Ручное отключение осуществляется воздействием на кнопку ручного отключения, которая через тягу 15, шарнирно связанной с валом 8, и через кулачок 7 с якорем 12, срывает якорь с магнитной защелки и отключает выключатель.



Полюс выключателя в отключенном положении

Рисунок 3.1

2.3 Вакуумная дугогасительная камера

Одним из основных элементов выключателя является вакуумная дугогасительная камера (ВДК), разработанная специалистами предприятия «РК Таврида Электрик».

Сегодня ВДК серии TEL имеет самую прогрессивную конструкцию и выпускается «Таврида Электрик» с применением последних достижений современных технологий. Она имеет рекордно малые габариты и массу. Износ ее контактов при совершении 50000 операций отключения номинального тока не превышает 1 мм.

Конструкция ВДК

Корпус ВДК состоит из двух керамических изоляторов 2 и 6 и медного экрана 4, припаиваемого к изоляторам (рисунок 3.2).

Конструктивными особенностями ВДК являются чашеобразная форма керамических изоляторов и сварной сильфон 7, значительно снизившие вес и габариты ВДК.

Сильфон припаивается к изолятору 6 и выводу 8, обеспечивая возможность перемещения подвижного контакта 5 без нарушения герметичности ВДК.

На торцевые части неподвижного 3 и подвижного 5 контактов припаяны пластины из металлокерамики, обеспечивающие им высокую износостойкость.

Выводы 1 и 8 служат для соединения с выводами выключателя. Аксиальное магнитное поле в межконтактном промежутке создается путем выполнения в контактах специальных разрезов (на рис. не показаны). За счет его дуга не концентрируется, а находится в диффузионном состоянии на всей поверхности контактов, что видно на прилагаемом фото. Это значительно снижает износ контактов, повышает отключающую способность и коммутационный ресурс выключателя.

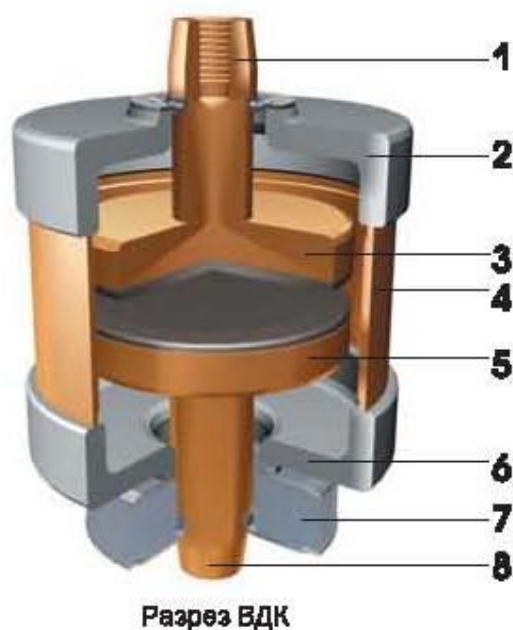


Рисунок 3.2

Предприятие «Таврида Электрик» выпускает целую линейку выключателей серии TEL, различающихся по номинальным параметрам, а также по габаритным и присоединительным размерам. По способу установки выключатели выпускаются в двух исполнениях—стационарном и выкатном. Выключатели выкатного типа полностью приспособлены для встраивания в КРУ.

В качестве основного компонента при изготовлении КРУ(КСО) вакуумный выключатель ВВ/TEL поставляется более 70-ти заводам, находящимся на территории России, Белоруссии, Казахстана. Вакуумный выключатель ВВ/TEL применяется как в традиционно изготавливаемых этими заводами шкафах КРУ(КСО), так и в шкафах новых серий с качественно новыми показателями, достичь которых позволило, в том числе, использование достоинств вакуумного выключателя ВВ/TEL.

2.4 Ретрофит

Ретрофит - это модернизация комплектных распределительных устройств (КРУ) и камер сборных одностороннего обслуживания (КСО) с заменой старого, выработавшего свой ресурс выключателя, на выключатель ВВ/TEL, производства "РК Таврида Электрик". Модернизация ячеек производится

силами региональных технико-коммерческих центров (ТКЦ), перечень которых расположен на последней странице буклета. Предполагаемые виды модернизации:

1. Выкатного элемента КРУ путем замены старого выключателя и установки выключателя ВВ/TEL при помощи комплекта адаптации;

2. Ячеек КСО путем замены старого выключателя и установки ВВ/TEL с помощью комплекта адаптации;

3. Шкафов КРУ путем полной замены выкатного элемента. Преимущества ретрофита с использованием выключателя ВВ/TEL:

- Простота и удобство переоборудования. Минимум трудозатрат при модернизации;

- Полная совместимость с модернизируемой ячейкой КРУ. Выполнение необходимых блокировок обеспечивающих безопасность обслуживания;

- Минимальное время простоя ячейки. Обесточивается только одно присоединение, подлежащее модернизации.

- Обеспечение долговременной и надежной работы выключателя;

- Пилотный монтаж и монтаж "под ключ" силами региональных представительств.

Учитывая многообразие эксплуатируемых ячеек, "РК Таврида Электрик" разработала более 60 проектов ретрофита для шкафов КРУ и камер КСО.

В соответствии со способом модернизации все проекты ретрофита можно разделить на 4 группы:

"Модуль ВМП". Данный комплект адаптации предназначен для замены старых выключателей в ячейках КРУ2-10, КР-10/500, К-ХИ, К-ХІІІ, К-XXVI, К-37.

Так же имеется ряд проектов по замене выключателей в ячейках каркасного типа, К-ІІ-у, К-ІІІ-у, К-IV, К-VІу, К-IX, КВС-09, КР-10У4 и других.

"Модуль КСО". Комплект адаптации применяется при модернизации

ячеек КСО-2У, КСО-2УМ, КСО-266, КСО-272, КСО-285, КСО-292, КСО-2200, КРН-III-10, КРН-10, КРН-IV, Д-13Б, Ш-164, К-VI, МКФН, КПОЗ, ЛПЗ18 и др.

ВЭ/TEL- выкатной элемент производства "РК Таврида Электрик".
Поставляется взамен выкатных элементов КРУ серий К-47; К-49; К-59; К-104; К-104М; КМ-1Ф; КМ-1; КМ-1М; КМВ, КРУН-6(10)ЛМ как при ретрофите, так и для нового строительства.

Модернизация выкатных элементов производства бывших стран СЭВ, серий SCI1-10, SCI 4-12, HL4-7, RSW10/I, ST-7(9), КЗ-02 и других, с заменой старых масляных выключателей на комплекты адаптации с вакуумным выключателем ВВ/TEL, либо с полной заменой выкатного элемента на выкатной элемент производства "РК Таврида Электрик".

МОДУЛЬ ВМП

Модернизация выкатного элемента КРУ путем замены старого выключателя с опорной конструкцией и установки выключателя ВВ/TEL на существующую металлоконструкцию ВЭ в КРУ2-10, КР-10-500, К-ХИ, К-ХШ, К-XXVI, К-37 и других, при помощи комплекта адаптации "Модуль ВМП".

Комплект адаптации состоит из элементов металлоконструкции, при помощи которых крепится ВВ/TEL, блокировочного устройства, ошиновки и опорных изоляторов. Элементы вторичных цепей (жгуты, клеммники, детали для крепления блока управления и резисторов) содержит КУБ - комплект установки блока.

Номинальные параметры, на которые рассчитан типовой комплект адаптации "Модуль ВМП", приведены ниже:

Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Номинальный рабочий ток, А	630; 1000; 1600
Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20; 25
Демонтируется	Устанавливается
Выключатель: ВМП-10К; ВМП-10П; ВМПЭ-10; ВМПП-10 и другие	Выключатель ВВ/TEL
Привод: пружинный, электромагнитный	Блок управления

Часть металлоконструкции	Типовой комплект металлоконструкции «Модуль ВМП» + КУБ
--------------------------	---

При модернизации КРУ используются элементы ошиновки и втычные контакты главных цепей демонтированного выключателя ВМП, его рама, а также сохраняются механизмы доводки и фиксации выкатного элемента.

После монтажа выключателя ВВ/TEL, выкатной элемент сохраняет первоначальные габаритные и присоединительные размеры.

Кроме модернизации уже перечисленных КРУ "РК Таврида Электрик" разработала ряд проектов по модернизации КРУ каркасного исполнения с жестко закрепленными втычными контактами на проходных изоляторах, таких как К-II-у, К-III-у, К-IV, К-VI-у К-IX, КВС-09, КР-10У4 и других.

Принцип модернизации таких КРУ полностью идентичен ретрофиту при помощи "Модуля ВМП".

При модернизации КРУ используются элементы ошиновки и втычные контакты главных цепей демонтированного выключателя ВМП, его рама, а также сохраняются механизмы доводки и фиксации выкатного элемента.

После монтажа выключателя ВВ/TEL, выкатной элемент сохраняет первоначальные габаритные и присоединительные размеры.

Кроме модернизации уже перечисленных КРУ "РК Таврида Электрик" разработала ряд проектов по модернизации КРУ каркасного исполнения с жестко закрепленными втычными контактами на проходных изоляторах, таких как К-II-у, К-III-у, К-IV, К-VI-у К-IX, КВС-09, КР-10У4 и других.

Принцип модернизации таких КРУ полностью идентичен ретрофиту при помощи "Модуля ВМП".

Выкатные элементы серии ВЭ/TEL (далее ВЭ/TEL) предназначены для коммутации электрических цепей в нормальных и аварийных режимах в шкафах распределительных устройств внутренней установки номинальным напряжением до 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для систем с изолированной или заземленной нейтралью.

ВЭ/TEL предназначены для применения в шкафах КРУ серий К-59, К-104М, КМ-1М, КМ-1Ф, КМВ, КРУН-б(Ю), выпускаемых в настоящее время, а

так же для замены маломасляных выключателей и ВВв ранее выпускаемых КРУ серий К-47, К-49, КМ-1 и в шкафах КРУ вышеперечисленных серий.

Благодаря полной совместимости выкатного элемента как по первичным цепям, так и по вторичным, (за счет применения блоков управления 12-й серии) нет необходимости производить изменения в существующих схемах РЗА. ВЭ/TEL - это изделие повышенной заводской готовности, позволяющее быстро и технически грамотно произвести замену отработавших свой срок выключателей.

В процессе модернизации старый выкатной элемент с маломасляным выключателем или ВВ заменяется на выкатной элемент ВЭ/TEL.

Все выкатные элементы серии ВЭ/TEL производства "РК Таврида Электрик" комплектуются штатными устройствами блокировок (блокираторами). Конструкция выкатного элемента и его блокировочные устройства, обеспечивают безопасную работу и предотвращают неправильные операции обслуживающего персонала при эксплуатации ВЭ/TEL в КРУ.

Модернизация выкатных элементов производства бывших стран СЭВ, серий SCI 1-10, SCI 4-12, HL4-7, RSW 10/I, ST-7(9), КЗ-02 и других с заменой старых маломасляных выключателей производится двумя способами:

- Путем замены старого масляного выключателя при помощи ТКА на вакуумные выключатели ВВ/TEL (для КРУ типа CSI 1-10/350, CSI 1-10/250, ST-7 и др)
- При помощи полной замены выкатного элемента на выкатной элемент производства "РК Таврида Электрик" (для КРУ типа ST-7, CSIM1-12/16 и CSIM 1-12/25)

Основные технические параметры модернизированных ВЭ как при помощи комплекта адаптации, так и при помощи выкатного элемента производства "РК Таврида Электрик (по напряжению, по номинальному току и номинальному току отключения) совпадают или превышают основные параметры старых демонтированных масляных выключателей. При этом все механизмы для открытия шторок, устройства блокировки и фиксации модернизированного ВЭ

соответствуют оригиналу, что позволяет потребителю эксплуатировать эти ВЭ без изменения инструкций по оперативным переключениям в КРУ.

Кроме того, в настоящее время разработаны проекты по модернизации ВЭ FB-500AI и КОФ -120. Разрабатываются многие другие проекты по реконструкции как ВЭ, так и КСО.

2.5 Устройства управления БУ/TEL

2.5.1 Назначение

Неотъемлемой частью вакуумных выключателей ВВ/TEL являются устройства управления, изготавливаемые в виде отдельных блоков, устанавливаемых в релейных шкафах, на выкатных элементах КРУ, КРУН, а также на фасадах КСО.

Устройства управления позволяют выполнить следующие основные функции:

- местное и дистанционное управление, в том числе от низковольтного вспомогательного источника питания;
- стандартный цикл управления вакуумным выключателем «О»-0,3с-«ВО»-15с-«ВО» по ГОСТ 687- 78;
- блокировку от повторного включения;
- питание от токовых цепей при отсутствии напряжения питания;
- возможность отключения выключателя в течении 20-ти сек. после исчезновения напряжения оперативного питания.

На сегодняшний день существуют две основные модификации устройств управления:

1) Блок управления ВУ/TEL-05А, применяемый совместно с блоком питания

ВР/TEL-02А, имеет минимальный набор функций и позволяет управлять вакуумным выключателем только посредством «сухих» контактов.

2) Блок управления ВУ/ TEL-12А обеспечивает наиболее гибкое и удобное сопряжение со вторичными цепями защиты и управления, вы

3) Полненными как с применением традиционных электромеханических реле, так и с использованием современных микропроцессорных реле.

В БУ/ TEL-12А основные функции, присущие блоку управления ВУ/TEL-05А, дополнены следующими функциям:

- контроль исправности цепи электромагнитов выключателя;
- отключение выключателя от токовых цепей и от независимого источника питания;
- сигнализация аварийного отключения выключателя;
- самодиагностика;
- сигнализация и идентификация типа неисправности.

Блок управления БУ/ TEL-12А выпускается в трех модификациях:

Блок управления БУ/ TEL-X/X-12-01А рекомендуется использовать в схемах на постоянном (выпрямленном), а также в некоторых случаях на гарантированном переменном (с использованием источников бесперебойного питания) оперативном токе с применением современных микропроцессорных защит, способных самостоятельно выполнять функции сигнализации.

Блок управления БУ/TE1_-X/X-12-02А рекомендуется использовать в схемах на постоянном (выпрямленном), а также в некоторых случаях на гарантированном переменном (с использованием источников бесперебойного питания) оперативном токе с применением электромеханических защит и простых микропроцессорных защит, не имеющих функций сигнализации.

Блок управления БУ/TE1_-X/X-12-03А рекомендуется использовать в схемах на переменном оперативном токе с применением всех типов защит.

Все модификации устройств управления имеют встроенные конденсаторы включения и отключения, которые обеспечивают дозированную подачу электроэнергии на электромагниты выключателя ВВ/TEL, обеспечивая тем самым оптимальные условия для его работы. При этом потребление энергии от сети оперативного питания небольшое, так как расходуется только на заряд конденсаторов и на работу внутренней схемы устройств управления.

Назначение блоков управления БУ/TEL-X/X-12-XXA вакуумными выключателями ВВ/TEL по основным функциям аналогично назначению приводов традиционных выключателей: управление выключателем путем подачи на его электромагниты управления порции электрической энергии, а также взаимодействие с релейной защитой и автоматикой. В отличие от традиционных приводов, блоки управления представляют собой электронные устройства нового поколения, позволяющие с высокой точностью поддерживать режимы управления выключателем, обеспечивая тем самым оптимальные условия для его работы. Современная элементная база в совокупности с оригинальными схемотехническими решениями позволила создать блок управления, который без особого труда вписывается в электрические схемы и конструкции распределительных устройств различных существующих проектов.

Условное обозначение блока управления 12-й серии:

	БУ/TEL-X/X-12-XXA У2
Блок управления	
Фирменная марка "Таврида Электрик"	
Диапазон напряжений оперативного питания	
Номер серии	
Исполнение блока управления	
Климатическое исполнение	
Категория размещения	

Блок управления БУ/TEL-X/X-12-XXA (далее по тексту БУTEL) предназначен для установки на выкатных элементах и в релейных шкафах комплектных распределительных устройств (КРУ) электрических станций и подстанций, а также на фасадах сборных камер одностороннего обслуживания (КСО).

БУTEL обеспечивает выполнение следующих функций:

управление выключателем;

выполнение стандартного цикла АПВ О-0,3с-В0-15с-В0;

блокировку повторных включений;

блокировку включения выключателя при наличии команды отключения;
контроль исправности цепи электромагнитов выключателя;

сигнализацию внешних неисправностей цепей управления и внутренних неисправностей с идентификацией вида неисправности;

включение выключателя от вспомогательного источника питания (только в БУTEL-X/X-12-03А); сигнализацию аварийного отключения выключателя (только в БУTEL-X/X-12-03А). БУTEL предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом в условиях, предусмотренных для климатического исполнения У и категории размещения 2 по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1, условия эксплуатации при этом следующие:

- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха плюс 55°C;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха минус 40°C;
- верхнее значение относительной влажности воздуха 100% при плюс 25°C;
- среднегодовое значение относительной влажности воздуха 80% при плюс 15°C.

БУTEL должен эксплуатироваться во взрыво- и пожаробезопасной среде. Тип атмосферы II (промышленная), содержание коррозионных агентов и запыленность по ГОСТ 15150.

Рабочее положение в пространстве - любое.

В части стойкости к внешним механическим воздействиям БУ/TEL соответствует группе М7 по ГОСТ 17516.1. При этом БУTEL работоспособен при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот (0,5...100) Гц с максимальной амплитудой ускорения 10 м/с^2 (1g) и многократных ударов с ускорением 30 м/с^2 (3g).

Степень защиты корпуса БУ/TEL соответствует IP40 по ГОСТ 14254.

Электропрочность изоляции всех независимых цепей БУ/TEL относительно корпуса и между собой соответствует ГОСТ Р 50514 и отвечает следующим требованиям:

- электропрочность изоляции в течение 1 мин - 2 кВ, 50 Гц;
- импульсная электропрочность изоляции (1,2/50 мкс) - 5 кВ.

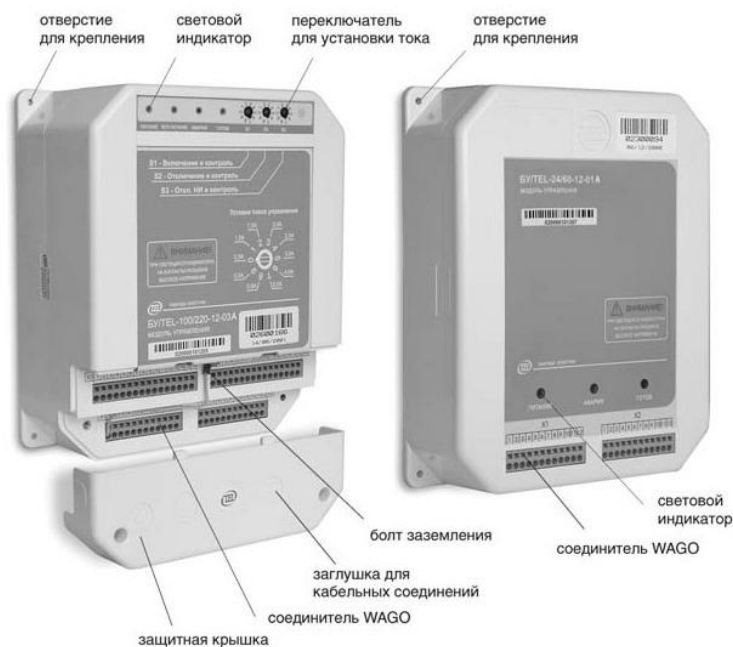
В части электромагнитной совместимости БУ/TEL обеспечивает устойчивость к следующим видам воздействий (Таблица 2).

2.5.2 Внешний вид и габаритные размеры

Внешний вид БУ/TEL изображен на рис. 1. БУ/TEL заключен в пластмассовый корпус, который имеет 4 отверстия для крепления к плоской поверхности. На передней панели размещены:

- световые индикаторы для отображения текущего состояния БУ/TEL
- переключатели для установки значений номинальных токов управления в блоках БУ/TEL X/X-12-02А и БУ/TEL -X/X-12-03А;
- соединители WAGO для подключения проводников вторичных цепей.

В блоках БУ/TEL-X/X-12-02А и БУ/TEL-X/X-12-03А предусмотрена пластмассовая крышка для защиты соединителей и проводников от внешних механических воздействий.



а) Внешний вид БУ/TEL-X/X-12-03А

б) Внешний вид БУ/TEL-X/X-12-01А

2.5.3 Устройство и работа

На рис. 3 изображена функциональная схема для всего номенклатурного ряда БУ/TEL-X/X-12-XXA с указанием наименования входных и выходных цепей.

Назначение и работа входов управления

Вход "Включение и Контроль"

Вход "Включение и Контроль" предназначен для выполнения функций, аналогичных функциям контактора включения или электромагнита включения традиционного выключателя.

Вход "Эквивалент ЭМ Вкл."

Вход используется для подключения внешнего резистора-эквивалента РС. Этот резистор определяет сопротивление входа "Включение и Контроль" в открытом состоянии и величину тока управления.

Вход "Отключение и Контроль"

Вход "Отключение и Контроль" предназначен для выполнения функций, аналогичных функциям электромагнита отключения традиционного выключателя.

Вход "Контроль ЭМ Откл."

Вход "Контроль ЭМ Откл." используется для непрерывного контроля исправности электромагнита отключения независимо от положения контактов и блок-контактов выключателя. Вход может иметь открытое (низкоомное) и закрытое (высокоомное) состояние. В открытом состоянии сопротивление цепи управления определяется внешним резистором R_T , подключенным к выводам "Эквивалент ЭМ Откл."

Вход "Эквивалент ЭМ Откл."

Вход используется для подключения внешнего резистора-эквивалента R_T . Этот резистор определяет сопротивление входа "Отключение и Контроль" в открытом состоянии и величину тока управления.

Вход "Откл. НИ и Контроль"

Вход "Откл. НИ и Контроль" предназначен для выполнения функций, аналогичных функциям электромагнита отключения от независимого источника традиционного выключателя.

Вход "Эквивалент ЭМ Откл. НИ"

Вход используется для подключения внешнего резистора-эквивалента R_V . Этот резистор определяет сопротивление входа "Откл. НИ и Контроль" в открытом состоянии и величину тока управления.

Вход "Включение СК"

Вход "Включение СК" используется для включения выключателя только посредством "сухих" контактов реле. В этой цепи недопустимо использовать дополнительные устройства и электрические элементы (резисторы, диоды, обмотки реле и т.д.).

Вход "Отключение СК"

Вход "Отключение СК" используется для отключения выключателя только посредством "сухих" контактов реле. В этой цепи недопустимо использовать дополнительные устройства и электрические элементы (резисторы, диоды, обмотки реле и т.д.). Вход сохраняет способность к приему и выполнению команды отключения даже при наличии сигнала "АВАРИЯ",

если возникла неисправность такого рода, что команда отключения может быть выполнена.

Вход сохраняет способность к приему и выполнению команды отключения в течение 30с с момента пропадания оперативного питания.

Входы "Питание от токовых цепей" и "Режим токового Откл."

Входы "Питание от токовых цепей" используются для подключения к вторичным цепям трансформаторов тока и обеспечения БУТЕЛ энергией, необходимой для выполнения операции отключения.

Вход "Блок-контакт"

Этот вход используется для подключения размыкающего блок-контакта БК выключателя БУТЕЛ а также для подключения контактов блокираторов с целью организации электрической блокировки включения выключателя. Команда включения может быть выполнена при условии, что входы "Блок-контакт" замкнуты, в противном случае операция включения блокируется.

Вход "Сброс БКА"

Вход используется для приведения контактов БКА в исходное состояние.

Вход "Оп. питание"

Вход предназначен для подключения оперативного питания БУ/ТЕЛ. Номинальное напряжение оперативного питания зависит от типоразмера блока управления.

Вход "Всп. питание"

В блоке управления БУ/ТЕЛ-X/X-12-03А предусмотрена возможность питания от низковольтного источника постоянного напряжения. При питании блока управления по входу "Всп. питание" он может обеспечить не менее пяти циклов ВО с интервалом между циклами не менее 40 с. Следующие пять циклов ВО могут быть проведены через 11 мин.

Описание и работа выходов

Выход "Электромагнит"

Этот выход предназначен для подключения обмоток электромагнитов выключателя БУ/ТЕЛ.

Выход "Готов"

Выход "Готов" сигнализирует о готовности БУ/TEL принять команду на исполнение операции включения.

Выход "Авария"

Выход "Авария" предназначен для сигнализации о внутренних, обнаруженных при самодиагностике, и внешних, обнаруженных при контроле внешних цепей, неисправностях.

Выход "Авария" представляет собой переключающий контакт, размыкающий контакт которого размыкается при отсутствии отказов.

Выход "БКА"

Блок-контакт аварийный (БКА) имитирует работу одноименного контакта традиционного выключателя. Для сигнализации БКА использованы бистабильные ("запоминающие") реле. Выход "БКА1" представляет собой замыкающий контакт, а выход "БКА2" - переключающий контакт.

Выход импульсной сигнализации "Fleeting"

Выход "Fleeting" используется для имитации работы механического проскальзывающего контакта традиционного выключателя. Контакт кратковременно замыкается во время выполнения операции отключения выключателя. Выход представляет собой замыкающий контакт реле, который замыкается через (25 ± 5) мс после отключения выключателя (после замыкания блок-контакта БК выключателя), находится в замкнутом положении (50 ± 5) мс, после чего размыкается.

Выход импульсной сигнализации "Passing"

Выход "Passing" используется для имитации работы механического проскальзывающего контакта традиционного выключателя. Контакт кратковременно замыкается во время выполнения операции включения выключателя. Выход представляет собой замыкающий контакт реле, который замыкается через (25 ± 5) мс после включения выключателя (после размыкания блок-контакта БК), находится в замкнутом положении (50 ± 5) мс, после чего размыкается.

Выходы "БКА" и выходы импульсной сигнализации ("Fleeting" и "Passing") имеют одни и те же клеммы (см. функциональную схему БУ/TEL). Но в разных исполнениях БУ/TEL назначение этих клемм различно. В БУ/TEL-X/X-12-02А эти клеммы используются в качестве выходов импульсной сигнализации ("Fleeting" и "Passing"), а в БУ/TEL-X/X-12-03А - в качестве выходов БКА1 и БКА2.

Сигнализация

В БУ/TEL предусмотрены световая индикация и релейная сигнализация различных состояний и режимов работы.

На передней панели БУ/TEL расположены следующие световые индикаторы:

- Индикатор "ПИТАНИЕ" индицирует зеленым цветом наличие напряжение оперативного питания на входе "Оп. питание".
- Индикатор "ГОТОВ" индицирует зеленым цветом готовность БУ/TEL к выполнению операции включения в случае, если конденсатор включения заряжен и отказы не обнаружены. При подаче оперативного или вспомогательного питания индикатор мигает с периодом 1,5 с в течение времени подготовки к операции включения.
- Индикатор "АВАРИЯ" индицирует красным цветом наличие внутренних или внешних неисправностей БУ/TEL.
- Индикатор "ВСП. ПИТАНИЕ" индицирует зеленым цветом наличие напряжения в цепи вспомогательного источника напряжения (индикатор присутствует только в БУ/TEL-X/X-12-03А).

Индикация неисправностей

БУ/TEL в процессе работы осуществляет контроль исправности своих внутренних узлов и внешних цепей. Периодичность проверки определяется спецификой цепей и не превышает 50 с.

Обнаружение той или иной неисправности сигнализируется миганием индикатора "АВАРИЯ". Количество вспышек соответствует причине неисправности (см. Таблицу 4), вспышки следуют друг за другом с периодом

0,5 с; последовательности вспышек при этом повторяются с паузами 1,5 с. Аварийная индикация продолжается до выполнения следующих условий:

- причина неисправности устранена;
- при очередной самопроверке исправности цепей неисправности не обнаружены;
- закончено выполнение последовательности вспышек, соответствующей причине неисправности.

Случай, когда БУ/TEL готов к выполнению операций включения и отключения, а индикатор "АВАРИЯ" мигает, соответствует выполнению первых двух условий и невыполнению третьего.

При снятии электропитания аварийная индикация продолжается не более 15 мин.

Выход БУ/TEL из аварийного состояния возможен при восстановлении нормальных условий функционирования. Время возврата не превышает при этом 50 с.

Таблица 4

Кол-во	Краткое описание неисправности
1	Длительное (более 1,5 с) отсутствие напряжения оперативного и
2	Несоответствие положения блок-контакта БК выключателя
3	Обрыв в цепи электромагнитов управления выключателя
4	Короткое замыкание в цепи электромагнитов управления
5	Механическое отключение выключателя
6	Уровень тока управления в цепи "Отключение и Контроль" выше
7	Уровень тока контроля входа "Отключение и Контроль" выше
8	Уровень тока управления в цепи "Включение и Контроль" выше
9	Уровень тока контроля входа "Включение и Контроль" выше
10	Уровень тока управления в цепи "Откл. НИ и Контроль" выше
11	Уровень тока контроля входа "Откл. НИ и Контроль" выше
12	Несоответствие состояния входа "Режим токового Откл." исходному
13	Несоответствие положения переключателя S1 исходной уставке
14	Несоответствие положения переключателя S2 исходной уставке
15	Несоответствие положения переключателя S3 исходной уставке
>16	Внутренняя неисправность БУ/TEL

1.3.6. Описание основных состояний

1.3.6.1. Состояния "Отключено"

Для этих состояний выполняется следующее начальное условие: главные контакты выключателя ВВ/TEL разомкнуты, а блок-контакт БК выключателя замкнут. К этой группе состояний относятся следующие состояния БУ/TEL

- исходное состояние "Отключено";
- состояние "Отключено" с готовностью к включению;
- состояние "Отключено" с блокировкой включения.

Состояния "Включено"

Для этих состояний выполняется следующее начальное условие: главные контакты выключателя ВВ/TEL замкнуты, а блок-контакт БК выключателя разомкнут. К этой группе состояний относятся следующие состояния БУ/TEL:

- исходное состояние "Включено";
- состояние "Включено" с готовностью к отключению.

Ниже описываются условия, при которых БУ/TEL находится в том или ином состоянии.

Исходные состояния "Отключено" и "Включено"

Начальные условия для этих состояний соответствуют отсутствию всех видов электропитания (оперативного, вспомогательного и питания от вторичных цепей трансформаторов тока) в течение 15-ти и более минут (обесточенное состояние). В этом состоянии все индикаторы БУ/TEL погашены.

В обесточенном состоянии производится настройка входов управления БУ/TEL. Положения переключателей S1, S2, S3, наличие или отсутствие перемычки на входе "Режим токового Откл." в обесточенном состоянии являются исходными уставками для дальнейшего функционирования БУ/TEL. Изменение исходных уставок при наличии электропитания воспринимается БУ/TEL как неисправность (см. п. 1.3.5. Индикация неисправностей).

Подача электропитания в исходном состоянии переводит БУ/TEL в режим подготовки к выполнению операций отключения и включения. Время

подготовки зависит от используемого электропитания (оперативное, вспомогательное или питание от вторичных цепей трансформаторов тока) (см. раздел 1.4. Технические параметры).

Состояние "Отключено" с готовностью к включению

Это состояние БУ/TEL начальным условием которого является способность обнаружить и исполнить команду включения по любому из входов управления включением. При этом вход "Включение и Контроль" находится в открытом (низкоомном) состоянии, а входы "Отключение и Контроль" и "Отключение НИ и Контроль" - в закрытом (высокоомном) состоянии (см. п. 1.3.2. Назначение и работа входов управления).

Состояние "Отключено" с блокировкой включения

В этом состоянии БУ/TEL не исполняет поданной команды включения. Существуют три разновидности этого состояния, которые описаны ниже.

- Состояние "Отключено" с блокировкой включения подачей команды включения (режим блокировки повторных включений)

В этом режиме для каждого из входов включения выполняется следующее условие: если на момент перехода БУ/TEL в состояние готовности к включению (т.е. после выполнения команды отключения) на одном из входов включения присутствует команда, то операция включения по этому входу не производится. Для выхода из этого режима необходимо снять команду включения не менее чем на 2,5 с. При блокировании одного из входов включения сохраняется возможность проведения операции включения по другому входу.

- Состояние "Отключено" с блокировкой включения при наличии команды отключения. Начальные условия для этого состояния следующие:

- все входы управления включением способны обнаружить команду включения; при этом вход "Включение и контроль" находится в открытом (низкоомном) состоянии;

- присутствие команды отключения на любом из входов управления отключением.

В этом состоянии команда, поданная на любой из входов управления включением, обнаруживается, но не исполняется. Выход из указанного состояния возможен путем снятия команды отключения.

- Состояние "Отключено " с блокировкой включения при механическом отключении выключателя.

Для всех входов включения выполняется условие блокировки включения после механического отключения выключателя. При этом вход "Отключение и Контроль" закрывается, а состояние входа "Включение и Контроль" не изменяется.

Для проведения операции включения в этом случае существуют две возможности:

- 1)Подать команду отключения на один из входов "Отключение СК", "Откл. НИ и Контроль", "Питание от токовых цепей", а затем, при условии готовности БУ/TEL к операции включения, подать команду включения.

- 2)Отключить БУ/TEL от всех источников электропитания на время около 15 минут (до погасания всех индикаторов), после чего снова подать питание на блок управления и, по истечении времени подготовки к операции включения (см. раздел 1.4. Технические параметры), подать команду включения.

1.3.6.6. Состояние "Включено" с готовностью к отключению

Это состояние БУ/TEL начальным условием которого является способность обнаружить и исполнить команду отключения по любому из входов управления отключением. При этом входы "Отключение и Контроль" и "Откл. НИ и Контроль" находятся в открытом состоянии, а вход "Включение и Контроль" - в закрытом (см. п. 1.3.2. Назначение и работа входов управления).

2.5.4 Технические параметры

Технические параметры БУ/TEL приведены в Таблице 5

Таблица 5

Параметр БУ/TEL	Значение параметра
Общие	
Максимальное количество циклов ВО в час	100
Масса, не более	
– БУ/TEL-X/X-12-01А, кг	1,8
– БУ/TEL-X/X-12-02А, кг	2,8
– БУ/TEL-X/X-12-03А, кг	3,2
Оперативное питание	
Номинальные напряжения оперативного питания, В	= 24/30/48/60 = 110/220 ≈ 100/127/220
Диапазон допустимых напряжений оперативного питания, % от номинального напряжения	80...125
Мощность, потребляемая от источника оперативного питания, не более	
а) в процессе подготовки к включению, Вт/ВА	50/70
б) в установившемся режиме, Вт/ВА	10/15
Время подготовки к операции включения выключателя, не более	
а) после подачи оперативного питания, с	15
б) после предыдущей операции включения, с	9
Время подготовки к операции отключения выключателя после подачи оперативного питания, не более, с	0,5
Время сохранения способности к выполнению операции отключения выключателя после пропадания оперативного питания (по входам "Отключение СК" и "Откл. НИ и Контроль", см. п. 1.3.2. Назначение и работа входов управления), не менее, с	30
Вспомогательное питание	
Диапазон напряжения вспомогательного питания, В	= 12...30
Мощность, потребляемая от вспомогательного источника питания, не более	
а) в процессе подготовки к включению, Вт	35
б) в установившемся режиме, Вт	15
Время подготовки к операции включения выключателя от момента подачи вспомогательного напряжения, не более, с	50

Параметр БУ/ТЕЛ	Значение параметра
Входы "Отключение и Контроль", "Откл. НИ и Контроль"	
Диапазон напряжений управления, В	$\approx 20,4...275$
Номинальный ток управления I_N (устанавливается переключателем S2 для входа "Отключение и Контроль" и S3 для входа "Откл. НИ и Контроль"), А	0,5/1/1,5/2/2,5/3/4/5
Минимальный уровень тока управления, воспринимаемый как команда отключения	$0,65 I_N$
Максимально допустимый уровень тока управления, А	11 ± 3
Максимально допустимый уровень тока контроля	$0,3 I_N$, но не более 0,2 А
Время обнаружения команды отключения, мс	25 ± 5
Входное сопротивление в открытом (низкоомном) состоянии	определяется сопротивлением резистора-эквивалента ¹
Входное сопротивление в закрытом (высокоомном) состоянии, не менее, кОм	500
Вход "Включение и Контроль"	
Диапазон напряжений управления, В	$\approx 20,4...275$
Номинальный ток управления I_N (устанавливается переключателем S1), А	0,5/1/1,5/2/2,5/3/4/5
Минимальный уровень тока управления, воспринимаемый как команда включения	$0,8 I_N$
Максимально допустимый уровень тока управления, А	11 ± 3
Максимально допустимый уровень тока контроля	$0,3 I_N$, но не более 0,2 А
Время обнаружения команды включения, мс	25 ± 5
Входное сопротивление в открытом (низкоомном) состоянии	определяется сопротивлением резистора-эквивалента ¹
Входное сопротивление в закрытом (высокоомном) состоянии, не менее, кОм	500
Входы "Отключение СК" и "Включение СК"	
Время обнаружения команды от момента замыкания "сухого" контакта, мс	15 ± 2 ²
Напряжение на разомкнутом входе, не менее, В	30
Значение тока в момент замыкания входа, не менее, мА	100
Постоянная времени уменьшения тока, не менее, мс	10
Установившееся значение тока замкнутого входа, мА ³	5...7
Входы "Питание от токовых цепей"	
Диапазон питающих токов, А	2...300
Потребляемая мощность, не более, при питании током	
– 2 А, ВА	5
– 5 А, ВА	12
– 10 А, ВА	25
– 30 А, ВА	120
– 300 А, ВА	8000
Время подготовки к отключению, не более ⁴ , при питании током	
– 2 А ⁵ , мс	1000
– 5 А, мс	400
– 10 А, мс	150
– 30 А, мс	110
– 300 А, мс	100
Допустимая продолжительность протекания тока, не менее	
– 5 А, с	∞
– 10 А, с	100
– 30 А, с	10
– 150 А, с	1
– 300 А, с	0,1

2.5.5 Описание исполнений БУ/TEL

Как уже было отмечено, блок управления БУ/TEL-X/X-12-ХХА имеет три исполнения (БУ/TEL-X/X-12-01А, БУ/TEL-X/X-12-02А и БУ/TEL-X/X-12-03А), отличающиеся друг от друга функциональными возможностями и конструктивными особенностями.

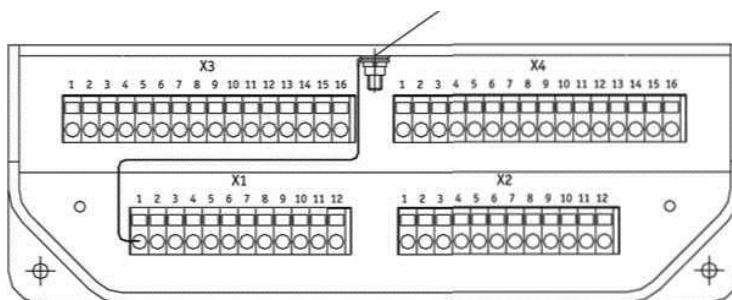
На передней панели БУ/TEL-X/X-12-01 А(02А) расположены три световых индикатора: "ПИТАНИЕ", "ГОТОВ" и "АВАРИЯ". На передней панели БУ/TEL-X/X-12-03А, кроме перечисленных индикаторов, имеется также индикатор "ВСП. ПИТАНИЕ".

На передней панели БУ/TEL-X/X-12-02А расположены два (S1, S2), а БУ/TEL-X/X-12-03А - три (S1, S2, S3) переключателя, предназначенные для установки значений номинальных токов управления.

В блоках БУ/TEL-X/X-12-02А и БУ/TEL-X/X-12-03А предусмотрена пластмассовая крышка для защиты соединителей WAGO и проводников от внешних механических воздействий. В блоке БУ/TEL-X/X-12-01А соединители WAGO открыты.

Для подключения проводников вторичных цепей к БУ/TEL используются соединители WAGO. Для подключения должен использоваться провод сечением (0,5...2,5) мм². Допускается использование как одно-, так и многожильных проводников. Необходимо производить зачистку изоляции проводника на длину (6...10) мм. Проводники подсоединяются с помощью специальной отвертки, поставляемой вместе с БУ/TEL.

Обозначение контактов соединителей БУ/TEL-X/X- 12-03А
Болт заземления



1.5.3. Выбор исполнения БУ/TEL

При выборе БУ/TEL того или иного исполнения следует руководствоваться видом оперативного питания и требованиями к функционированию цепей управления и сигнализации.

- Блок управления БУ/TEL-X/X-12-01А рекомендуется использовать в схемах на постоянном (выпрямленном), а также в некоторых случаях на гарантированном переменном (с использованием источников бесперебойного питания) оперативном токе с применением современных микропроцессорных защит, способных самостоятельно выполнять функции сигнализации.

- Блок управления БУ/TEL-X/X-12-02А рекомендуется использовать в схемах на постоянном (выпрямленном), а также в некоторых случаях на гарантированном переменном (с использованием источников бесперебойного питания), оперативном токе с применением электромеханических защит и простых микропроцессорных защит, не имеющих функций сигнализации.

- Блок управления БУ/TEL-X/X-12-03А рекомендуется использовать в любом виде оперативного тока с применением электромеханических, микроэлектронных и микропроцессорных защит.

БУ/TEL 100/220-12-XXA и БУ/TEL 24/60-12-XXA могут быть использованы при номинальном напряжении оперативного питания в диапазоне соответственно 100...220 В и 24...60 В. Диапазон допустимых напряжений оперативного питания, указанный в таблице технических параметров (80... 125 % от номинального), необходим для надежной работы входов управления БУ/TEL после их настройки на соответствующую величину тока управления.

2.5.6 Эксплуатационные ограничения

Недопустимо применение блоков управления при несоблюдении условий их эксплуатации (см. разделы 1.1. Назначение, 1.4. Технические параметры и 2.3. Указания по применению и эксплуатации БУ/TEL).

Недопустимо подключать непосредственно к входам "Включение СК" (X1-9), "Отключение СК" (X1-12) и "Включение/Отключение СК" (X1-10, X1-11) цепи дистанционного управления, выходящие за пределы здания распределительного устройства, или проходящие параллельно силовым (высоковольтным) цепям на расстоянии менее 1,2 м от них. Подключение цепей управления в таких случаях должно выполняться через промежуточные реле.

Управления БУ/TEL по входам "Включение СК" (X1-9), "Отключение СК" (X1-12) и "Включение/Отключение СК" (X1-10, X1-11) необходимо осуществлять только с помощью нормально разомкнутых ("сухих") контактов. В этих цепях недопустимо использовать дополнительные устройства и электрические элементы (резисторы, диоды, обмотки реле и т.д.).

2.5.7 Подготовка БУ/TEL к использованию

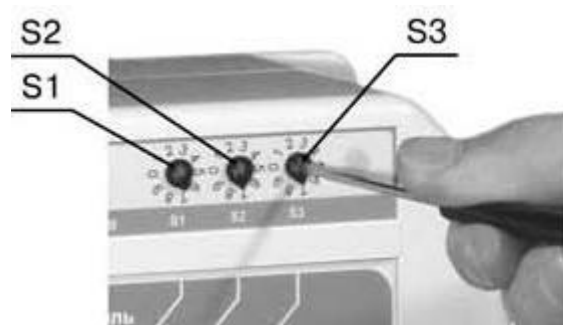
Установка блоков управления БУ/TEL в КРУ и КСО должна выполняться по проектам, согласованным с предприятием Таврида Электрик.

При монтаже БУ/TEL и проведении регламентных работ с распределительными устройствами следует помнить, что даже после отключения от блока управления всех источников электропитания на контактах его соединителей присутствует напряжение, опасное для жизни человека. Напряжение снижается до безопасного уровня через время, не более 15 мин. После отключения всех источников электропитания. Достижение безопасного уровня подтверждается погасанием всех световых индикаторов на передней панели БУ/TEL.

Проверку сопротивления изоляции БУ/TEL следует проводить при помощи мегаомметра на напряжение 1000 В. Цепи в пределах одной гальванической группы необходимо объединить. Производится проверка сопротивления изоляции различных независимых групп цепей относительно корпуса и между собой. При необходимости изоляционные поверхности следует протереть чистой ветошью, смоченной этиловым спиртом. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 МОм.

Для настройки входов управления БУ/TEL-X/X-12-02A(03A) "Включение и Контроль", "Отключение и Контроль" и "Откл. НИ и Контроль" необходимо установить номинальные значения токов управления (I_n) с помощью переключателей передней панели.

В обесточенном состоянии БУ/TEL в зависимости от выбранного способа отключения по входам "Питание от токовых цепей", замыкаются или размыкаются входы "Режим токового Откл." (см. п. 1.3.2. Назначение и работа входов управления).



- S1** - переключатель для входа "Включение и Контроль"
- S2** - переключатель для входа "Отключение и Контроль"
- S3** - переключатель для входа "Откл. НИ и Контроль"

Рис. 14. Настройка входов управления

С помощью переключателей S1, S2, S3 может быть установлено одно из десяти значений тока управления I_n .

Настройку входов управления необходимо проводить только в обесточенном состоянии БУ/TEL, соответствующем погашенным индикаторам. Изменение положения переключателей S1, S2, S3 и состояния входа "Режим токового Откл." в других состояниях БУ/TEL воспринимается как неисправность (см. п. 1.3.5. Индикация неисправностей).

Кроме установки положения переключателей S1, S2, S3 и настройки входа "Режим токового Откл." необходимо выбрать сопротивление внешнего резистора-эквивалента, используя рекомендации, изложенные ниже.

Как уже отмечалось (см. п. 1.3.2. Назначение и работа входов управления), внешние резисторы-эквиваленты определяют величину тока, протекающего по цепи управления ("Включение и Контроль", "Отключение и Контроль" и "Откл. НИ и Контроль") при подаче команды управления (включения или отключения). Таким образом, выбор резистора-эквивалента

влияет на выбор номинального значения тока срабатывания указательных реле, устанавливаемых в цепях управления.

В качестве резисторов-эквивалентов должны использоваться постоянные проволочные резисторы.

Допустимое отклонение от номинального значения сопротивления резистора-эквивалента не должно превышать $\pm 5 \%$.

Кроме значения сопротивления, важными параметрами резисторов-эквивалентов является номинальная P и импульсная P_i мощность. Под импульсной мощностью подразумевается мощность, которая поглощается резистором в течение действия управляющего импульса тока (60мс).

Параметры резисторов определяются номинальными значениями напряжений и токов управления.

После монтажа выключателя ВВ/TEL и блока управления, настройки входов управления БУ/TEL необходимо произвести проверку их работоспособности. Проверка работоспособности производится при выведенном из работы присоединении. Исходное положение выключателя ВВ/TEL - отключен, оперативное напряжение - снято. Контакты "Готов" (X2-1; X2-2) в разомкнутом, (X2-1; X2-3) в замкнутом состояниях, контакты "Авария" (X2-4; X2-5) в замкнутом, (X2-4; X2-6) в разомкнутом состояниях. Для БУ/TEL-12-03А контакты БКА: БКА1 (X3-12, X3-13), БКА2 (X4-1, X4-2) в разомкнутом состояниях, БКА2 (X4-2, X4-3)- в замкнутом состоянии.

№	Выполняемые операции	Индикация и состояние выходных реле БУ/TEL	Положение выключателя
1	Подать оперативное питание.	Загораются индикаторы "Сеть", "Готов", причем "Готов" мигает. Не более чем через 15 с "Готов" горит ровным светом. Контакты "Готов", "Авария" переключаются.	Отключен
2	Подать команду включения по входу "Включение СК"	Контакт "Готов" (X2-1;X2-2) размыкается, (X2-1;X2-3) замыкается, индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 9 с контакты "Готов" переключаются, индикатор "Готов" загорается ровным светом.	Включен
3	Подать команду отключения по входу "Отключение СК"	Без изменений.	Отключен
4	Не снимая команды по входу "Отключение СК" подать команду на вход "Включение СК"	Без изменений	Отключен
5	Подать команду по входу "Включение СК" и не снимая ее подать команду на вход "Отключения СК"	Контакт "Готов" (X2-1;X2-2) размыкается, (X2-1;X2-3) замыкается, индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 9 с контакты "Готов" переключаются, индикатор "Готов" загорается ровным светом.	Должен включиться, а затем отключиться и остаться в отключенном положении.
6	Включить выключатель. Снять оперативное питание. Через 30 с подать по входу "Отключение СК" команду на отключение.	Не более чем через 2 с после снятия оперативного питания погаснет индикатор "Сеть", загорится индикатор "Авария", контакты "Авария" (X2-4;X2-5) замыкаются, (X2-4;X2-6) размыкаются. Погасает индикатор "Готов", контакты "Готов" (X2-1;X2-2) размыкаются, (X2-1;X2-3) замыкаются.	Отключен

№	Выполняемые операции	Индикация и состояние выходных реле БУ/ТЕЛ.	Положение выключателя
4	Подать команду отключения по входу "Отключение и контроль" от ключа управления	Без изменений	Отключен
5	Не снимая команды по входу "Отключение и контроль" подать команду на вход "Включение и контроль"	Без изменений	Отключен
6	Подать команду по входу "Включение и контроль" от ключа управления и не снимая ее подать команду на вход "Отключение и контроль" от ключа управления.	Контакт "Готов" (X2-1;X2-2) размыкается, (X2-1;X2-3) замыкается, индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 9 с контакты "Готов" переключаются, индикатор "Готов" загорается ровным светом. Контакты БКА переключаются, а затем возвращаются в исходное состояние.	Должен включиться, а затем отключиться и остаться в отключенном положении.
7	Подать команду по входу "Включение и контроль" от ключа управления	Контакты "Готов": (X2-1;X2-2) размыкается, (X2-1; X2-3) замыкается, индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 9 с контакты "Готов" переключаются, индикатор "Готов" загорается ровным светом. Контакты БКА переключаются.	Включен
8	Подать команду по входу "Отключение НИ и контроль".	Контакты БКА не изменяют с своего положения.	<p>Схема с АПВ Отключится, а затем включится (в случае, если АПВ на время проверки не выведено)</p> <p>Схема без АПВ Отключен</p>
9	Снять оперативное питание. Подождать 15 мин. К входу "Всп. питание" подключить низковольтный источник постоянного напряжения в диапазоне 12-30 В.	Загорается индикатор "Всп. питание", индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 50 с "Готов" загорится ровным светом.	Отключен
10	Подать команду включения по входу "Включение СК"	Контакт "Готов": (X2-1;X2-2) размыкается, (X2-1;X2-3) замыкается, индикатор "Готов" мигает. Не более чем через 9 с контакты "Готов" переключаются, индикатор "Готов" загорается ровным светом. Контакты БКА переключаются.	Включен
11	Отключить низковольтный источник. Через 30 с подать команду отключения по входу "Отключение СК".	Через 2с погаснет индикатор "Всп. питание" загорится индикатор "Авария", погаснет индикатор "Готов". Контакты "Готов" (X2-1;X2-2) размыкаются, (X2-1;X2-3) замыкаются, контакты "Авария" (X2-4;X2-5) замыкаются, (X2-4;X2-6) в размыкаются.	Отключен

2.6 Указания по применению и эксплуатации БУ/TEL

Организация оперативного питания БУ/TEL в схемах на выпрямленном токе

В схемах на выпрямленном оперативном токе амплитуда выбросов напряжения от источников выпрямленного тока может значительно превышать допустимое входное напряжение БУ/TEL. Поэтому необходима дополнительная фильтрация этого напряжения и соблюдение следующих требований.

В схеме с БПНС-2 питание на блоки управления рекомендуется подавать поочередно не более чем на пять БУ/TEL одновременно. В противном случае всплеск тока при подключении может привести к перегоранию предохранителя БПНС-2. Резистор R (см. рис. 15) допускается не устанавливать, если БПНС-2 применяют без других источников выпрямленного тока.

При организации оперативного питания с помощью устройств БПНС-2 и БПТ-1002, а также УПНС-М и БПТ-1002 питание БУ/TEL необходимо осуществлять от выхода встроенного сглаживающего фильтра. Схемы организации оперативного питания в этих случаях приведены на рис. 15 и рис. 16.

При нагрузке на фильтрованном выходе УПНС-М менее 5% от номинальной необходимо соединить контакты 12 и 13 блока зажимов УПНС-М перемычкой, прилагаемой в его ЗИПе. В противном случае возможны всплески напряжения на фильтрованном выходе УПНС-М выше 400 В.

Схема организации оперативного питания при использовании устройства УСН-2401 аналогична. На рис. 16 в скобках указаны номера зажимов блока УСН-2401.

При питании от источников выпрямленного тока типа БПН-1002 совместно с БПТ-1002 необходимо использовать фильтры ФДЕ1.-220-02, которые устанавливаются непосредственно возле источников оперативного тока, являясь общими для секции. Фильтр рассчитан на поглощение пе

ренапряжений от одного БПТ-1002. В случае, если при коротком замыкании возможно протекание тока через трансформаторы тока одновременно двух и более БПТ, работающих на одни шинки, необходимо установить соответствующее число фильтров. Фильтры устанавливаются параллельно в количестве, соответствующем количеству блоков БПТ-1002, одновременно испытывающих воздействие тока короткого замыкания

Исполнение блока управления БУ/TEL-х/х-12-03А позволяет производить операцию включения ВВ/TEL при питании БУ/TEL по низковольтному входу "Всп. Питание" при исчезновении основного оперативного напряжения. В качестве независимого источника питания может выступать любой источник постоянного напряжения с диапазоном напряжения от 12 до 30 В мощностью не менее 35 Вт. Подключать независимый источник питания необходимо на клеммы X1-6, X1-7. О завершении подготовки операции включения сигнализирует индикатор "Готов" на передней панели блока управления.

Включение выключателя при питании от низковольтного источника питания необходимо осуществлять подачей команды на вход блока управления "Включение СК".

При использовании в качестве независимого источника питания элементов питания (батареек) 9В, рекомендуется выбирать элементы питания (батарейки) зарубежных производителей типа "Duracell", "Energizer" (6LR61). Энергоемкости указанных элементов питания достаточно для 3-4 операций включения выключателя ВВ/TEL. При присоединении к клеммам "Всп. питание" элементы питания необходимо соединить последовательно.

В настоящее время ряд отечественных предприятий выпускает ШАП (шкаф автономного питания). ШАП предназначен для проведения операции включения/отключения ВВ/TEL при отсутствии основного оперативного питания. Основной элемент ШАП - конденсатор высокой энергоемкости, позволяющий производить операции включения/отключения ВВ/TEL в течении 3-5 суток. В нормальном режиме ШАП находится в режиме подзаряда от системы оперативного питания. При пропадании оперативного питания для

выполнения операции включения ВВ/TEL ШАП необходимо подключить к входу "Всп. питание" с помощью удлинителя или специально организованных шинок автономного питания.

2.7 Техническое обслуживание

1) Общие указания

Персонал, обслуживающий БУ/TEL должен быть ознакомлен с руководством по эксплуатации, а также руководством по эксплуатации вакуумных выключателей серии ВВ/TEL. При монтаже, осмотрах и эксплуатации руководствоваться "Межотраслевыми правилами по охране труда", а также ПЭЭП и ПТЭ.

2) Меры безопасности

Внутри БУ/TEL имеются элементы, длительное время находящиеся под напряжением, опасным для жизни человека. Запрещается вскрывать БУ/TEL или использовать БУ/TEL с поврежденным корпусом.

Монтаж или другое обслуживание БУ/TEL производить только в обесточенном состоянии при погашенных индикаторах. Напряжение на выводах БУ/TEL снижается до безопасного уровня через 15 минут после отключения БУ/TEL от всех источников электропитания.

Перед включением и во время работы корпус блоков управления БУ/TEL-X/X-12-02A(03A) должен быть заземлен с помощью клеммы заземления на блоке (X2-X12).

3) Порядок технического обслуживания

БУ/TEL не требует специального обслуживания.

Рекомендуется периодически осуществлять внешний осмотр состояния корпуса блока и изоляции подсоединенных к нему проводников.

4) Текущий ремонт

БУ/TEL не требует ремонта в течении всего срока службы. При выходе БУ/TEL из строя в течение гарантийного срока он подлежит замене предприятием-изготовителем или его официальным представителем на другой

исправный БУ/TEL. БУ/TEL не подлежит ремонту в эксплуатационных условиях.

БУ/TEL не содержат веществ, опасных для здоровья человека или окружающей среды. БУ/TEL не требует никаких специальных мер по утилизации.

Возможные неисправности БУ/TEL и рекомендации к их устранению

Код неисправности	Возможные причины	. Рекомендации к устранению
1	Длительное (более 1,5 с) отсутствие оперативного напряжения и вспомогательного питания	1. Проверить источник оперативного тока, его цепи подключения, автоматы схемы управления, величину напряжения источника питания. 2. Если питание осуществляется по входу "Всп.
2	Несоответствие положения блок-контакта БК выключателя последней	1. При поданном оперативном напряжении взвели блокиратор или отключили от блока выключатель (разомкнули) разъем.
3	Обрыв в цепи электромагнитов управления	Проверить целостность и правильность соединения электрических цепей электромагнитов управления.
4	Короткое замыкание в цепи электромагнитов управления	Короткое замыкание в одной из катушек привода или соединительных проводах. Проверить целостность цепей электромагнитов на предмет КЗ проводов и правильности соединений цепей электромагнитов.
5	Механическое отключение выключателя	1. При выполнении операции включения произошло механическое самопроизвольное отключение(выключатель не включился). Такая ситуация возможна из-за следующих причин: - масса деталей, нагруженных на вал выключателя, выше допустимой нормы 0,35 кг; -произошло затирание тяги ручного отключения. Для устранения необходимо уменьшить нагрузку на вал или устранить затирание тяги. 2. Произведена операция ручного отключения выключателя с помощью тяги ручного отключения, соединенной с синхронизирующим валом. 3. При вкатывании выкатного элемента вначале подано оперативное напряжение, а потом произведена операция вкатывания, т.е. произошла разблокировка ВЭ.
6	Уровень тока контроля в цепи "Отключение и	1. КЗ в цепи реле положения включено/отключено.
7	Уровень тока контроля в цепи "Включение и	

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

Целью раздела является расчет экономической эффективности капитальных вложений на строительство распределительного пункта 6 кВ совмещенного с ТП-6/0,4 кВ в г. Ленинске-Кузнецком.

Совокупность этих затрат составляют капитальные вложения. Капитальные вложения включают в себя затраты на проектные и подготовительные работы, стоимость оборудования, стоимость монтажа, заработная плата работников, а также транспортные расходы.

3.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, которую возглавляет руководитель, в состав могут входить инженеры-проектировщики, ведущие инженеры, и другие инженерно-технические специальности, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе мы составляем перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования, производим распределение работ.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ, который отразим в таблице 2.1.

Наиболее ответственной частью экономических расчётов является расчёт трудоемкости работ, так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ. Удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости работ составляет 35-65%, а иногда и более [15].

Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ушкалов И. В.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Козлова Л. Е.					83	136
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил		Прохоров А. В.						

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$, применим вариант, основанный на использовании трех оценок: t_{max} , t_{min} , $t_{н.в.}$:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{н.в.} + t_{max}}{6} \quad (3.1)$$

где t_{max} , – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

t_{min} , – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

$t_{н.в.}$ – наиболее возможная, по мнению экспертов, продолжительность работы (реалистическая оценка), человеко-дней.

Таблица 3.1 - Описание графика выполнения работ.

Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Руководитель	90	
Ведущий инженер	90	
Инженер	90	

№ этапа	Наименование работы	Потребная численность, чел.	Продолжительность работы, дни				График выполнения работ, дни												
			t_{min}	$t_{н.в.}$	t_{max}	$t_{ож}$	1-6	7-9	10-18	19-22	23-33	34-38	39-43	44-48	49-52	53-54	55-67	68-83	84-90
0-1	Разработка технического задания	Руководитель Ведущий инженер Инженер	5	6	7	6													
1-2	Подбор кадров	Руководитель Ведущий инженер Инженер	2	3	4	3													
2-3	Сбор и изучение материалов, литературы, геодезические изыскания.	Руководитель Ведущий инженер Инженер	8	9	10	9													
3-4	Анализ полученной информации	Руководитель Ведущий инженер Инженер	3	4	5	4													
4-5	Выбор варианта схемы строительства РП-6 кВ, проектирование системы электропитания	Руководитель Ведущий инженер Инженер	10	11	12	11													
5-6	Определение расчетных нагрузок РП-6 кВ.	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5													
6-7	Выбор Оборудования, и материалов РП-6 кВ.	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5													
7-8	Анализ выбранного оборудования	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5													
8-9	Доработка проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	3	4	5	4													
9-10	Выводы и предложения по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2													
10-11	Оформление отчета по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	12	13	14	13													
11-12	Выполнение графической части проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	15	16	17	16													
12-13	Проверка и утверждение проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	6	7	8	7													
Итого:			77	90	103	90													

3.2. Расчет затрат на проектирование

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- оплата труда;
- отчисления в социальные фонды;
- амортизация основных фондов;
- прочие затраты;
- накладные расходы.

1. Материальные затраты включают в себя расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов и т.п.), сведенные в приведенную ниже таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Материальные затраты.

Материал	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Бумага для печати	Пачка	1	250	250
Диск CD-RW	Шт.	2	80	160
Канцелярские товары (набор)	Шт.	3	120	360
Заправка картриджей	Шт.	1	250	250
Итого: $I_M =$				1020 руб.

2. Расчет заработной платы:

$$ЗП = ((ЗП_T \cdot k_{н.о.} \cdot k_{с.р.}) / 21) \cdot T_M \text{ руб.} \quad (3.2)$$

где $ЗП_T$ – тарифный фонд заработной платы (оклад);

$k_{н.о.} = 1,1$ – коэффициент за неиспользованный отпуск;

$k_{с.р.} = 1,3$ – доплаты за условия работы и проживания - северный и районный коэффициенты;

$T_M = 90$ – число дней работы.

$$ЗП_{рук} = ((25000 \cdot 1,16 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 161571 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{вед.инж} = ((20000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 122571 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{инж} = ((17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 104186 \text{ руб.}$$

Расчёты сводим в таблицу 3.3

Таблица 3.3 - Заработная плата исполнителей.

Исполнители	Разряд по оплате труда	Оклад, руб.	Время занятости, дней.	Заработная плата, руб.
Руководитель	3	25000	90	161571
Ведущий инженер	2	20000	90	122571
Инженер	2	17000	90	104186
Итого:				388328

Фонд заработной платы $\Phi ЗП = \sum ЗП_{исп} = 388328 \text{ руб.}$

3. Размер отчислений в социальные фонды составляет 30% от ФЗП.

Сумма отчислений в социальные фонды составляет:

$$И_{С.Н.} = \Phi ЗП \cdot 0,30 = 388328 \cdot 0,30 = 116498 \text{ руб.}$$

4. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле.

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле [15]:

$$И_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot H_a \cdot \Phi_n, \quad (3.3)$$

где Φ_n - первоначальная стоимость оборудования, руб.;

H_a - норма амортизации, %;

T_u - количество дней использования оборудования;

$T_{кал}$ - количество календарных дней в году.

Таблица 3.4 - Амортизационные отчисления

Наименование	Количество, шт.	Φ_n , руб.	H_a , %	T_u , дней	$I_{ам}$, руб.
Компьютер	3	105000	0.2	46	2646
Принтер	1	48000	0.2	15	395
Стол	3	45000	0.1	61	752
Стул	3	30000	0.1	61	501
Итого:					4294

Амортизационные отчисления составляют $I_{ам} = 4294$ рубль

5. Прочие расходы:

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (3П + I_m + I_{ам} + I_{сн}) \quad (3.4)$$

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (388328 + 1020 + 4294 + 116498) = 51014 \text{ рубль}$$

6. Накладные расходы принимаем 300% от ФЗП:

$$H_p = 1,6 \cdot \PhiЗП = 3 \cdot 388328 = 1164984 \text{ рубля.}$$

Себестоимость проекта:

$$I_{пр} = I_m + I_{зн} + I_{сн} + I_{ам} + I_{пр} + I_{пр}; \quad (3.5)$$

$$I_{пр} = 1020 + 388328 + 116498 + 4294 + 51014 + 1164984 = 1726138 \text{ рублей.}$$

Принимаем рентабельность 20% от прибыли:

$$П_{\phi} = 0,2 \cdot C_{пр} = 0,2 \cdot 1726138 = 345228 \text{ рубля.}$$

Цена (стоимость) проекта:

$$Ц_{пр} = C_{пр} + П_{\phi} = 1726138 + 345228 = 2071366 \text{ рубля.}$$

Смета затрат представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Смета затрат.

Вид расходов	Обозначение	Сумма, руб.
Материальные затраты	I_m	1020
Заработная плата	$I_{зп}$	388328
Отчисления на социальные нужды	$I_{сн}$	116498
Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	4294
Прочие расходы	$I_{пр}$	51014
Накладные расходы	$I_{нр}$	1164984
Себестоимость проекта	$I_{пр}$	1726138
Прибыль	$P_б$	345228
Стоимость проекта	$C_{пр}$	2071366

3.3. Расчёт капиталовложений на оборудование строительно-монтажные работы

Целью является расчет капитальных вложений на проект по строительству распределительного пункта 6кВ совмещенного с ТП-6/0,4 кВ в г.Ленинске-Кузнецком. Новый объект повысит качество надежного и бесперебойного электроснабжения 1-й городской больницы, административно-бытового комбината ЗАО "Шахта Костромовская" и жилых микрорайонов, предоставляя дополнительные возможности для подключения новых потребителей.

Капитальные вложения K включают затраты на основные фонды и оборотные средства. Так как оборотные средства в системе электроснабжения невелики (1 – 2%), то ими можно пренебречь.

Основные фонды включают стоимость оборудования, затраты на установку, монтаж, наладку и пробный пуск оборудования и аппаратуры, затраты на транспортировку.

При расчете затрат на оборудование, строительно-монтажные работы и т.д. учитывались существующие цены на март 2016 года. Под строительно-монтажными работами понимаются такие работы, в процессе которых будет

осуществляется строительство распределительного пункта, необходимого для транспортировки электрической энергии от источника питания до ВРУ конечного потребителя, строительство трансформаторной подстанции, необходимой для преобразования электрической энергии до необходимых параметров. В связи с этим необходимо осуществить строительство РП-6 кВ совмещенного с ТП-6/0,4 кВ. Результаты расчета сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 - Расчет капиталовложений.

Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка	Производитель, поставщик	Цена за 1 ед. с НДС,руб.	Единица измерения	Количество	Сумма, руб.
Железобетонные изделия						
Блок комплектный	-	ООО "ЭЗОИС" г. Новосибирск	200000	шт.	6	1200000
Электрооборудование						
Ячейка с выключателем 6 кВ	ВВ/TEL	«Таврида Электрик» г.Новосибирск	500000	шт.	11	5500000
Трансформатор 6 кВ	ТМ-630/6/0,4	ООО "ПКФ Энерго» г.Екатеринбург	300000	шт.	2	600000
Панель 0,4 кВ	ЩО-70	ООО "Щитмонтаж" г. Новосибирск	150000	шт.	7	1050000
Материалы						
Щебень	Фракция 5-20	ОАО «Карьер Майма», г. Г-Алтайск	1260	куб.м	3,6	4536
Эмаль	ПФ-115 черная	ТД «ТехноГрупп», г. Г-Алтайск	82,29	кг.	3	246
Электроды	ОК-46 4мм	ТД «ТехноГрупп», г. Г-Алтайск	136,22	кг.	5	681
Общая стоимость:					$K_{mat} = 8355463$	

Капитальные вложения в проектирование включают в себя несколько составляющих: стоимость оборудования, монтажных работ и транспортных услуг. Кроме того учитываются затраты на строительство здания, сооружения и т.д. Общая сумма капитальных вложений (ΣK) рассчитывается по формуле:

$$\Sigma K = K_O + K_C + K_M + K_{\text{Пр}}, \quad (3.6)$$

где K_O – капитальные вложения на приобретение оборудования;

K_C – капитальные вложения на строительные работы, 30 % от K_O ;

K_M – капитальные вложения на монтажные и пуско-наладочные работы, 11% от K_O ;

$K_{\text{Пр}}$ – капитальные вложения на прочие расходы, 6% от K_O .

Суммарные капитальные вложения на приобретение оборудования, монтаж и наладку подстанции согласно формуле 3.6 составят:

$$\Sigma K = 8355463 + 2506639 + 919101 + 501328 = 12282531 \text{ руб.}$$

3.4. Расчет эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$I = I_{\text{ам}} + I_{\text{обсл}} + I_{\text{ном}}, \quad (3.7)$$

где $I_{\text{ам}}$ - ежегодные амортизационные отчисления, 3,6% от капитальных затрат = 442171 руб.;

$I_{\text{обсл}}$ - годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, 2% от капитальных затрат = 245651 руб.;

$I_{\text{ном}}$ - стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.;

Отчисления на амортизацию включают издержки на капитальный ремонт и на накопление средств, необходимых для замены (реновации) изношенного и морально устаревшего оборудования. Отчисления на амортизацию тем выше, чем меньше срок службы оборудования. Отчисления на обслуживание предназначены для поддержания оборудования в рабочем состоянии. Для предотвращения повреждений все элементы сети

подвергаются периодическим осмотрам и профилактическим испытаниям. Эти мероприятия финансируются из отчислений на текущий ремонт.

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии:

$$C_3 = \Delta P \cdot \tau, \quad (3.8)$$

где ΔP - среднегодовые потери активной мощности, кВт;

$\tau = 1,5$ руб.— стоимость 1 кВт · ч электроэнергии.

Подстанция «РП-10» находится в ведении ООО "Ленинск-Кузнецкая Электросеть" СКЭК, у которого годовой объём передаваемой электроэнергии составляет около 2,5 млн. кВт.

Так, как нам известно, среднее число фактического потребления электроэнергии потребителями за 1 год, которое составляет 2,5 млн кВт, а также согласно стандарта ОАО МРСК технические потери в электрических сетях составляют 7% от потребленной электроэнергии. Тогда потери электроэнергии после строительства мы рассчитаем согласно формуле:

$$\Delta P = P \cdot 0,07 = 2500000 \cdot 0,07 = 175000 \text{ кВт.}$$

После расчета потерь активной мощности рассчитывается их стоимость:

$$C_3 = \Delta P \cdot \tau = 175000 \times 1,5 = 262500 \text{ руб.}$$

$$I = I_{ам} + I_{обсл} + I_{пот} = 442171 + 245651 + 262500 = 950322 \text{ руб.}$$

Результаты расчётов эксплуатационных затрат сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты расчетов эксплуатационных затрат

	И _{ам} , руб.	И _{ро} , руб.	И _э , руб.	И, руб.
После строительства	442171	245651	192500	950322

3.5. Расчет показателей эффективности проекта

Срок окупаемости определяется:

$$T_{ок} = \frac{K}{\sum \Delta D t} \quad (3.9)$$

где K - сметная стоимость капитальных вложений;

$ДДt$ – дисконтированный доход.

Дисконта (текущая стоимость единицы) определяется как:

$$D_i = \frac{1}{(1 + E)^{\tau-t}}, \text{ руб} \quad (3.10)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности инвестиций, определяемый процентной ставкой Центробанка и % конкретного инвестора.

Определим стоимость реализуемой в течение одного года электроэнергии.

$$C_{\text{э.э.год}} = \tau \cdot \text{Э}_{\text{э.год}}, \quad (3.11)$$

где $\text{Э}_{\text{э.год}}$ – планируемое потребление электрической энергии за год, кВт;

$\tau = 1,50 \text{ руб}$ – стоимость 1 кВт*ч на передачу электроэнергии, руб.

Тогда цена электроэнергии, реализуемой в течение одного года:

$$C_{\text{э.э.год}} = 1,5 \cdot 2500000 = 3750000 \text{ руб}$$

Рассчитаем чистую прибыль по формуле:

$$Pr_{\text{чист}} = C_{\text{э.э.год}} - И - Н, \text{ руб}, \quad (3.12)$$

где $И$ – величина эксплуатационных затрат, руб;

$Н$ – налоги, руб.

$$Н = 0,2 \cdot C_{\text{э.э.год}} = 0,2 \cdot 3750000 = 750000 \text{ руб}$$

Тогда чистая прибыль составит:

$$Pr_{\text{чист}} = 3750000 - 950322 - 750000 = 2049678 \text{ руб}$$

Капиталовложения по смете затрат составили $K = 12282531$ руб.

При ежегодных амортизационных отчислениях $I_a = 442171 \text{ руб.}$, нормативном коэффициенте эффективности инвестиций $E = 10\%$ определим срок окупаемости проекта.

Величина дисконтированного дохода в первом году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{\tau-t}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^0} = 2491849 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода во втором году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^1} = 2265317 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода в третьем году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^2} = 2059379 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода в четвертом году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^3} = 1872163 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода в пятом году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^4} = 1701966 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода в шестом году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^5} = 1547732 \text{ руб.}$$

Величина дисконтированного дохода в седьмом году составит:

$$ДД_t = \frac{Pr + A}{(1 + E)^{t-1}} = \frac{2049678 + 442171}{(1 + 0,1)^6} = 1407029 \text{ руб.}$$

$$\sum ДД_t = 2491849 + 2265317 + 2059379 + 1872163 + 1701966 + 1547732 + 1407029 \\ = 13345465 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход будет равен

$$ЧДД = \sum ДД_t - K = 13345465 - 12282531 = 1162934 \text{ руб.}$$

При нормативном коэффициенте эффективности инвестиций $E=10\%$

срок окупаемости $T_{ок}$ проекта составит 7 лет.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Распределительный пункт 6 кВ совмещенный с ТП-6/0,4 кВ располагается в центральной части города Ленинска-Кузнецкого. Согласно генеральному плану застройки объект расположен в районе 1-й городской больницы. Новый объект повысит качество надежного и бесперебойного электроснабжения 1-й городской больницы, административно-бытового комбината ЗАО "Шахта Костромовская" и жилых микрорайонов, предоставляя дополнительные возможности для подключения новых потребителей. Оборудование установлено с учетом будущего роста энергопотребления данного региона. Площадь застройки 80 м². Район по ветровому давлению III, преобладающее направление ветра в зимний период – юго-западное, в летний период – северо-западное. Минимальная температура воздуха достигает значений до -37⁰С, максимальная до + 38⁰С. Грунт в районе строительства распределительного пункта 6 кВ – суглинок.

Для обеспечения электроснабжения потребителей электрической энергии данного района, необходимо выполнение комплекса мероприятий направленных на проведение строительно-монтажных работ для сооружения распределительного пункта 6 кВ.

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассмотрены вопросы социальной ответственности которые необходимы для успешной работы, проанализированы условия труда с точки зрения возможности появления вредных факторов, и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия производственной и экологической безопасности.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Ушкалов И. В.			Социальная ответственность					
Руковод.		Козлова Л. Е.								
Реценз.										
Н.Контр										
Утвердил		Прохоров А. В.								
					Лит.		Лист		Листов	
								96		136
					ТПУ ИнЭО гр. 3-9202					

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются *профессиональными*.

К вредным производственным факторам относятся [16]:

- микроклимат;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации;
- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений;
- освещение

Поскольку в основе дипломного проекта лежит решение комплекса вопросов, связанных с электрооборудованием, обратим внимание на ВПФ, связанных с его использованием.

Таблица 4.1 - Анализ вредных производственных факторов

Наименование ВПФ	Источник ВПФ	Степень опасности
Перепады температуры окружающей среды	Окружающая среда	Обморожение и переохлаждение тела, тепловой и солнечный удар.
Загрязнение, запыление воздуха	Воздушная среда	Нервные расстройства, профессиональные заболевания, гойничковые заболевания кожного покрова, острые отравления.
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Шум при работе электрооборудования, транспортных средств и механизмов	Изменения порога слышимости, снижение работоспособности.

Недостаточная освещенность	Недостаточная мощность ламп, неравномерность расположения	Травматизм, глазные заболевания
----------------------------	---	---------------------------------

Оптимальные условия микроклимата

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется, исходя из субъективного ощущения человеком энергии облучения. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов не должна превышать: 35 Вт/м² при облучении более 50% поверхности тела; 70 Вт/м² при облучении от 25 до 50% поверхности тела; 100 Вт/м² – при облучении не более 25% поверхности тела. От открытых источников (нагретые металл и стекло, открытое пламя) интенсивность теплового облучения не должна превышать 140 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз. Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45°C, а для оборудования, внутри которого температура близка к 100°C, температура на его поверхности должна быть не выше 35°C. В производственных условиях не всегда возможно выполнить нормативные требования. В этом случае должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева: дистанционное управление ходом технологического процесса; воздушное или водо-воздушное душирование рабочих мест; устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха; использование защитных экранов, водяных и воздушных завес; применение средств индивидуальной защиты; спецодежды, спецобуви и др.

Холодный и тёплый период года (t ниже +10°C) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений: помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (23 Вт/м² и менее)

Категория работ: средней тяжести - II 6 (233-290) Вт

Температура воздуха- 17,0-19,0 °С

Относительная влажность воздуха – 60 - 40%

Скорость движения воздуха: Не более 0,2 м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: 13-20 °С,

Тёплый период года - ($t + 10^{\circ}\text{C}$ и выше) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений:

помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м²).

Категория работ: средней тяжести - IIб (233-290) Вт Температура воздуха - 19,0-21,0 °С

Относительная влажность воздуха — 60-40%

Скорость движения воздуха: 0,2м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

Допустимые условия микроклимата

Холодный и летний период года - (t ниже $+10^{\circ}\text{C}$) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений: -помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (23 Вт/м² и менее)

Категория работ: средней тяжести- IIб (233-290) Вт

Температура воздуха- 15,0-22,0 °С

Относительная влажность воздуха — 15-75%

Скорость движения воздуха: 0,2-0,4 м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: 14-23 °С,

Тёплый период года - ($t + 10^{\circ}\text{C}$ и выше) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений:

помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м²)

Категория работ: средней тяжести - Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 16,0-27,0 °С Относительная влажность воздуха — 15-75% Скорость движения воздуха: 0,2-0,5 м/с, Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 5 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

В холодные и теплые периоды параметры микроклимата обеспечиваются:

- отоплением;
- естественной и искусственной вентиляцией;
- системой кондиционирования воздуха;
- в качестве источника тепла используются электрические обогреватели.

Воздействие шума и вибрации. При строительстве РП-6 кВ возникает необходимость использования транспортных механизмов, (бурильно-крановых машин, автокранов, дизель генераторов), которые в свою очередь являются источниками шума и вибрации. Согласно [24] допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума на территории строительства РП-6 кВ следует принимать по таблице 2[24].

Таблица 4.2 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для рабочих мест водителей грузовых автомобилей, машинистов БКМ, автокранов, тракторов и других транспортных средств

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	5	3	5	0	0	0	0	0	0	
Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, сельскохозяйственных машин (тракторов), и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для снижения негативного воздействия уровня шума на организм рабочего персонала, согласно [27] необходимо использовать средств индивидуальной и коллективной защиты от шума.

К средствам индивидуальной защиты следует применять:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противошумные шлемы, каски;
- противошумные костюмы.

К средствам коллективной защиты следует применять:

- акустические средства защиты (средства звукоизоляции, звукопоглощения, виброизоляции, демпфирования, глушители шума);
- архитектурно-планировочные методы защиты от шума (рациональное размещение машин, механизмов и технологического

оборудования, рациональное размещение рабочих мест, рациональное планирование движения транспортных средств).

Согласно [29] в процессе эксплуатации транспортных средств характерно возникновение общей и локальной вибрации. При общей вибрации передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, а при локальной вибрация передается через руки человека (через рукоятку).

Таблица 4.3 – Допустимое суммарное время непрерывного воздействия T_H на работающего за смену [29]

Показатель превышения вибрационной нагрузки на работающего, дБ	T_H , мин
1	381
2	302
3	240
4	191
5	151
6	120
7	95

Таблица 4.4 – Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на работающего для длительности смены 8 часов [29]

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			мкс^{-2}	дБ	мкс^{-1} $\times 10^{-2}$	дБ
Локальная	–	X_L, Y_L, Z_L	2,0	126	2,0	112
Общая	1 безопасность	Z_0	0,56	115	1,1	107
		$X_0, Y_0,$	0,4	112	3,2	116
	2 граница снижения производительности труда	X_0, Y_0, Z_0	0,28	109	0,56	101

К мероприятиям по устранению вибрации можно отнести использование:

- виброизоляции (применение фундаментов и виброизоляторов);
- вибропоглощение (снижение вибрации достигается путем облицовки вибрирующего оборудования вибропоглощающими материалами, которые имеют большой коэффициент внутреннего трения – мастики, резина, войлок, пластмассы, рубероид);
- своевременный ремонт, смазка оборудования.

Наличие электромагнитных полей. Источником электромагнитных волн является любой электрический колебательный контур или проводник, по которому течет переменный электрический ток. Работы по строительству РП-6 кВ будет производиться вблизи действующих ВЛ-6 кВ, которые в свою очередь могут являться источниками возникновения электромагнитных полей. Согласно [30] предельно допустимые значения напряженности электрического поля и электромагнитного поля представим в таблице 46.

Таблица 4.5 – Предельно допустимые значения напряженности электрического и электромагнитного поля, предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	От 0,06 до 3	Св. 3 до 30	Св. 30 до 300
Напряженность электрического поля, В/м	500	300	80
Напряженность магнитного поля, А/м	50	–	–
Энергетическая нагрузка напряженности электрического поля	20000	7000	800
Энергетическая нагрузка напряженности магнитного поля	200	–	–

Согласно [18] зона влияния электрического поля –пространство, в котором напряженность электрического поля превышает 5 кВ/м. Предельно допустимый уровень напряженности электрических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа. Зона влияния магнитного поля – пространство, в котором напряженность магнитного поля превышает 80 А/м. Предельно допустимый уровень напряженности постоянных магнитных полей не должен превышать 8 кА/м. В процессе проектирования по строительству распределительного пункта 6 кВ для прогнозирования уровней электромагнитных излучений необходимо использовать расчетные методы определения плотности потока энергии и напряженности электромагнитных полей для определения опасных зон с целью исключения попадания работающих в зоны с высокой напряженностью электромагнитных полей.

Освещение производственных помещений. Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. От освещения в значительной степени зависят: сохранность зрения работника, состояние его центральной нервной системы, безопасность на производстве, производительность труда и качество выпускаемой продукции. Рациональное освещение должно обеспечивать достаточную и постоянную во времени освещенность поверхностей, необходимое распределение яркостей в окружающем пространстве, отсутствие слепящего действия источника света, благоприятный спектральный состав и правильное направление светового потока.

В зависимости от источников света освещение бывает естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется через световые проемы в стенах и кровле.

Искусственное освещение производится путем применения искусственных источников света, подразделяется на: рабочее, аварийное (не менее 2 лк.), эвакуационное (0,2-0,5 лк.), охранное (0,5 лк.). Совмещенное

освещение применяют для помещений, в которых недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

В зависимости от распределения светового потока санитарными нормами и правилами устанавливается три системы рабочего освещения - общее, местное и комбинированное освещение.

Общее освещение обеспечивает одинаковое освещение строительной площадки, помещения. Местное освещение обеспечивает освещение только отдельных рабочих мест и поверхностей. Комбинированное освещение - совокупность общего и местного освещения. Применение только местного освещения не допускается, так как это требует переадаптации зрения, что может привести к опасной ситуации.

Освещенность рабочих мест в зависимости от точности выполняемых работ, операций определяется [31] «Естественное и искусственное освещение.

В комплектных трансформаторных подстанциях предусмотрено применение естественного освещения (в светлое время суток), рабочее, комбинированное освещение.

Для защиты глаз используются средства индивидуальной защиты органов зрения. При производстве электросварочных работ, газорезке, плазменной сварке и во всех процессах горячей обработки металлов (плавка, литье и др.) применяются очки, маски, щитки со светофильтрами.

Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, виды и системы освещения должны приниматься согласно требованиям СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" и другим нормативным документам, утвержденным или согласованным с Госстроем (Минстроем) РФ и министерствами и ведомствами Российской Федерации в установленном порядке.

-светильники должны соответствовать требованиям норм пожарной безопасности НПБ 249-97 "Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний".

-для электрического освещения следует, как правило, применять разрядные лампы низкого давления (например, люминесцентные), лампы высокого давления (например, металлогалогенные типа ДРИ, ДРИЗ, натриевые типа ДНаТ, ксеноновые типов ДКсТ, ДКсТЛ, ртутно-вольфрамовые, ртутные типа ДРЛ). Допускается использование и ламп накаливания.

-применение для внутреннего освещения ксеноновых ламп типа ДКсТ (кроме ДКсТЛ) допускается с разрешения Госсанинспекции и при условии, что горизонтальная освещенность на уровнях, где возможно длительное пребывание людей, не превышает 150 лк, а места нахождения крановщиков экранированы от прямого света ламп.

При применении люминесцентных ламп в осветительных установках должны соблюдаться следующие условия для обычного исполнения светильников:

1. Температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5°C.
2. Напряжение у осветительных приборов должно быть не менее 90% номинального.

-для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными.

-разрядные лампы высокого давления допускается использовать при обеспечении их мгновенного зажигания и перезажигания.

-для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

-напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

1. Ввод в осветительный прибор и независимый, не встроенный в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняется проводами или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В.
2. Ввод в осветительный прибор двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается.

-в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применение светильников класса защиты 0 запрещается, необходимо применять светильники класса защиты 2 или 3. Допускается использование светильников класса защиты 1, в этом случае цепь должна быть защищена УЗО с током срабатывания до 30 мА.

Указанные требования не распространяются на светильники, обслуживаемые с кранов. При этом расстояние от светильников до настила моста крана должно быть не менее 1,8 м или светильники должны быть подвешены не ниже нижнего пояса ферм перекрытия, а обслуживание этих светильников с кранов должно выполняться с соблюдением требований техники безопасности.

-в установках освещения фасадов зданий, скульптур, монументов, подсвета зелени с использованием осветительных приборов, установленных ниже 2,5 м от поверхности земли или площадки обслуживания, может применяться напряжение до 380 В при степени защиты осветительных приборов не ниже IP54.

- в установках освещения фонтанов и бассейнов номинальное напряжение питания погружаемых в воду осветительных приборов должно быть не более 12В.

- для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без

повышенной опасности — не выше 220 В и в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 50 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается напряжение до 220 В для светильников, в этом случае должно быть предусмотрено или защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА, или питание каждого светильника через разделяющий трансформатор (разделяющий трансформатор может иметь несколько электрически несвязанных вторичных обмоток).

- для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами может применяться напряжение не выше 220 В. При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

Лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ и ДНаТ могут применяться для местного освещения при напряжении не выше 220 В в арматуре, специально предназначенной для местного освещения.

-для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В. При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах), и в наружных установках для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т. п. приравняются при выборе напряжения к стационарным светильникам местного стационарного освещения .

Для переносных светильников, устанавливаемых на переставных стойках на высоте 2,5 м и более, допускается применять напряжение до 380 В.

- питание светильников напряжением до 50 В должно производиться от разделяющих трансформаторов или автономных источников питания.

-допустимые отклонения и колебания напряжения у осветительных приборов не должны превышать указанных в ГОСТ 13109 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".

- питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требований.

Запыленность и загазованность воздушной среды. Воздушная среда рабочей зоны, в которой содержатся вредные вещества виде пыли и газов, оказывает непосредственное влияние на безопасность труда. Воздействие пыли и газов на организм человека зависит от их токсичности и концентрации в воздухе рабочей зоны, а также времени пребывания человека в этих условиях. По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на 4 класса: 1-й – чрезвычайно опасные (предельно допустимая концентрация ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны составляет менее 0,1 мг/м³), 2-й – высокоопасные (ПДК составляет 0,1 – 1,0 мг/м³), 3-й – умерено опасные (ПДК составляет 1,0 – 10,0 мг/м³), 4-й – малоопасные (ПДК более 10 мг/м³). Согласно приложения 2 [32] представим предельно допустимые концентрации некоторых веществ, наиболее часто встречающихся при использовании транспортных средств.

Таблица 4.6 – Предельно допустимая концентрация некоторых веществ, наиболее часто встречающихся на транспорте

Вещество (пыль, аэрозоль)	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Вещество (пыль, аэрозоль)	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Пыль, содержащая более 70% SiO ₂	2	3	Оксиды азота	5	2
Пыль, содержащая от 10 до 70 % свободной SiO ₂	2	4	Ацетон	200	4

Пыль стеклянного и минерального волокна	3	4	Бензин топливный (в пересчете на С)	100	4
---	---	---	-------------------------------------	-----	---

Продолжение таблицы 47

Пыль растительного и животного происхождения, содержащая до 10 % SiO ₂	4	4	Керосин, уайт-спирит	300	4
Оксид кобальта	0,5	2	Ртуть металлическая	0,01	1
Оксид титана	10	3	Тетраэтилсвинец	0,0005	1
Оксид никеля	0,5	2	Оксид углерода	20	4

Если содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышает предельно допустимую концентрацию, необходимо принятие специальных мер. К этим мерам относятся ограничение использования токсичных веществ, герметизация оборудования (кабин транспортных средств), автоматический контроль воздушной среды, применение естественной и искусственной вентиляции, специальной защитной одежды и обуви, нейтрализующих мазей.

4.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

К опасным производственным факторам следует отнести:

– электрический ток определенной силы;

– возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов.

Таблица 4.7 - Анализ опасных производственных факторов

Наименование ОПФ	Источник ОПФ	Степень опасности
Повышенное значение напряжения в эл. цепи, замыкание которое может пройти через тело человека	Все токоведущие части электрооборудования, пробой изоляции	Электропоражение, электротравма
Повышенная температура электрооборудования	Плохая теплоизоляция и охлаждение нагреваемых элементов	Ожоги
Расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли	Оборудование, расположенное на значительной высоте	Травма при падении с высоты, опасность удара при поднятии оборудования на высоту.

Согласно ПУЭ (см.п.1.1.13) в отношении опасности поражения людей электрическим током комплектные трансформаторные подстанции (КТП) приравнивается к особо опасным помещениям.

При производстве работ на действующих комплектных трансформаторных подстанциях, воздушных линиях 0,4 кВ и выше, необходимо соблюдать требования к защите людей от опасного воздействия электрического тока в соответствии со следующими нормативными документами:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве».

Строительно-монтажные работы с применением машин в охранной зоне действующей линии электропередачи и вблизи комплектных трансформаторных подстанций, следует производить под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасность производства работ, при наличии письменного разрешения организации владельца линии и наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ и выдаваемого в

соответствии с требованиями п.4.12 СНиП12-03-99 при выполнении требуемых мер безопасности [18].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяются следующие способы и средства:

- защитные оболочки (трубы, лотки, броня кабелей);
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетокведущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы [18]:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- малое напряжение;
- контроль изоляции.

Для защиты обслуживающего персонала от поражений электрическим током выше 1000 В в должны применяться следующие защитные средства:

а) основные:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;

- указатели напряжения;
- указатели напряжения для фазировки.

б) дополнительные:

- диэлектрические перчатки, боты, коврики;
- изолированные подставки, накладки;
- диэлектрические колпаки;
- переносные заземления;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках выполняется:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверка отсутствия напряжения;
- механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

При проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением проводится выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электрозащитных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений [18].

В соответствии с [23] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать следующих значений: для переменного тока с частотой 50 Гц, напряжение прикосновения не более 2 В,

ток не более 0,3 мА. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должно превышать значений, указанных в таблице 34.

Таблица 4.8 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
переменный, 50 Гц	U, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6

Для исключения падения работающего с высоты, согласно п. 1.19.1 [19] необходимо производить работы на высоте с применением подъемных вышек, с использованием, работающим предохранительного пояса, защитных касок и др. средств коллективной и индивидуальной защиты.

Перед началом работ в условиях производственного риска необходимо выделить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

К зонам постоянно действующих опасных факторов относятся:

- места вблизи от неизолированных токоведущих частей электроустановок;
- места вблизи неогражденных перепадов по высоте 1,3 и более.

К зонам потенциально опасных производственных факторов следует относить:

- участки территории вблизи строящегося сооружения;
- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов.

Места временного или постоянного нахождения работников должны располагаться за пределами опасных зон.

На границах зон постоянно действующих производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов - сигнальные ограждения и знаки безопасности.

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Защита селитебной зоны

Селитебная территория – земли, предназначенные для строительства жилых и общественных зданий, дорог, улиц, площадей в пределах городов и поселков городского типа.

Селитебная территория занимает в среднем 50-60 % территории города. В селитебной зоне могут размещаться отдельные коммунальные и промышленные объекты, не требующие устройства санитарно-защитных зон. Организация территории должна быть направлена на создание максимально благоприятных условий для удовлетворения социально-культурных и бытовых потребностей населения и минимизацию затрат времени на пространственную доступность объектов обслуживания, мест отдыха, культурно-бытовых учреждений.

Поскольку в дипломном проекте рассматривается район жилой застройки с этажностью от 4 до 8 этажей, то наличие селитебной территории является одним из актуальных направлений при проектировании распределительного пункта под который отводится часть селитебной территории. Согласно п.2.1 [20] для предварительного определения потребности в селитебной территории следует принимать укрупненные показатели в расчете на 1000 чел.: в городах при средней этажности жилой

застройки от 4 до 8 этажей - 8 га для застройки без земельных участков и 20 га - для застройки с участками. В нашем случае при численности населения близкой к 1000 человек, принимаем селитебную территорию – 20 га для застройки с участками.

В районах индивидуальной жилой застройки к мероприятиям по защите селитебной территории можно отнести следующие: озеленение (лесные насаждения кустарников, деревьев препятствующих ветровому воздействию, как на инженерно-технические сооружения, так и на индивидуальные постройки), благоустройство и инженерное оборудование территории (выделение территорий под строительство устройств водоотведения, водоснабжения, газификации, электрификации по согласованию с администрацией в ведении которой находятся территории под застройку инженерно-технических сооружений).

4.2.2 Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы)

Охрана окружающей среды при строительстве распределительного пункта должна осуществляться в соответствии с федеральным законом "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 №7-ФЗ, а так же в соответствии с территориальными законами и правилами, иными другими правилами и законами России «Об охране окружающей среды», так же территориальных органов контроля и Комитета по охране окружающей среды.

Строительство распределительного пункта не сопровождается вредными выбросами в окружающую природную среду (атмосферу). Единственным источником выделения вредных веществ в атмосферу будет являться выделение отработанных газов при эксплуатации строительной техники (БKM, ТВ, тракторная техника автомобили и т. д.), которое будет крайне незначительно.

4.2.3 Анализ воздействия объекта на гидросферу

Технологический процесс по строительству распределительного пункта 6 кВ не окажет негативного воздействия на состояние природных вод, поскольку не сопровождается выделением вредных отработанных жидкостей, а также материалов способствующих к выделению вредных ядовитых веществ в грунте.

4.2.4 Анализ воздействия объекта на литосферу

Строительство распределительного пункта не сопряжено с какими-либо существенным воздействием на геологическую среду. В процессе строительства не предусматривается демонтаж существующих объектов распределительных сетей, которые можно было бы расценить как твердые отходы. В процессе строительства будет производиться разработка грунта под установку фундамента путем копки экскаватором котлованов с использованием бурильно-кранового механизма глубиной до 2 метров. Данный технологический процесс также не приведет к негативному воздействию на литосферу.

4.2.5 Анализ воздействия объекта на биосферу

Строительство распределительного пункта не приведет к ухудшению состояния здоровья населения ближайших жилых зон. При проведении строительных работ воздействие или использование крупных источников загрязняющих веществ, могущих повлиять на окружающую среду и здоровье населения – не планируется. Вырубка зеленых насаждений при строительстве РП не требуется. Отходы, образуемые в процессе выпилки деревьев необходимо утилизировать на полигоне бытовых отходов.

Вывод: проведенный анализ свидетельствует об отсутствии сильного негативного воздействия на окружающую среду при строительстве РП-6 кВ, на территории центрального района г.Ленинска-Кузнецкого.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Согласно [21] «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования», Федеральным законом: «О защите населения от ЧС природного и техногенного характера», повышение устойчивости функционирования объектов в ЧС заключается в заблаговременной разработке и осуществлении комплекса инженерно-технических мероприятий, организационных и экономических, направленных:

- на предотвращение производственных аварий и катастроф; средств поражения, от вторичных факторов и стихийных бедствий;
- на создание условий для восстановления нарушенного производства в минимальные сроки;
- на обеспечение жизнедеятельности населения.

Рассмотрим подробно Чрезвычайную ситуацию в распределительном пункте 6 кВ.

Риск возгорания на РП не столь велик, но возможные последствия пожара могут быть катастрофическими. Пожары могут серьезно повлиять на энергоснабжение потребителей и доходы сетевого предприятия и его активы. Также пожары могут создать угрозу персоналу, аварийным бригадам, и людям случайно оказавшимся вблизи. Понимание возможности возникновения пожара, принятие соответствующих противопожарных мер, позволяют снизить риск их образования и смягчить последствия пожара и являются одними из ключевых факторов для проектировании распределительного пункта.

Источники пожарной опасности

Физические объекты или условия, которые могут стать причиной пожара, называют пожароопасными. У каждой пожарной опасности есть следующие признаки:

Таблица 4.9

Типы и источники возникновения пожаров на подстанциях,

Типы и источники огня	Проценты
Трансформаторы тока	14.0
Силовые трансформаторы	9.3
Работы, при которых могут возникнуть искры и нагрев (сварка, резка и шлифовка)	9.3
Трансформаторы напряжения	7.8
Поджог	6.3
Курение	6.0
Молния	4.7
Хранение или работа с легковоспламеняющимися жидкостями	3.1
Терроризм	1.6
Другое	15.8

Одним из ключевых шагов в разработке новых РП является определение возможных причин пожаров. Как только пожарные опасности проектируемой РП идентифицированы, тогда меры противопожарной защиты могут быть включены, чтобы устранить или снизить риск возникновения пожара.

Электрические кабели под напряжением, с горючей изоляцией и оболочкой могут быть главной опасностью, потому что они представляют собой комбинацию причины возникновения искры и источника

воспламенения. Повреждение кабеля может привести к достаточному тепловыделению, чтобы зажечь изоляцию кабеля, которая может продолжать гореть и выделять тепло и большое количество ядовитого дыма, еще более опасны маслонаполненные кабели. Пожароопасность оборудования с изоляцией трансформаторным маслом, такого как трансформаторы, реакторы, выключатели в больших объемах горючей жидкости, которая может воспламеняться при повреждении оборудования. Проникновение воды, авария основной изоляции, внешних токов короткого замыкания, и повреждение РПН являются одними из причин внутреннего искрения в минеральном изоляционном масле, которое может привести к пожару. Это искрение может произвести выделение газов пробоя, таких как ацетилен и водород.

В зависимости от типа аварии и ее тяжести, газы могут создать достаточное давление, чтобы вызвать разрушение бака или высоковольтных вводов трансформатора. Как только начинается повреждение бака или вводов, существует большая вероятность возникновения пожара или взрыва. Взрыв может нанести значительный ущерб. В результате разливов трансформаторного масла огонь может распространиться на большую площадь, в зависимости от объема масла, наклона площади РП, и типа ее поверхности (гравий или почва). Тепловое излучение и конвективный нагрев от горения трансформаторного масла может повредить окружающие конструкции и конструкции выше зоны огня.

Источники пожароопасности в закрытых помещениях подстанций

Возгорание оборудования с изоляцией трансформаторным маслом, маслонаполненные кабели, и HVDC (линии электропередачи высокого напряжения на постоянном токе) может привести к крупным пожарам, сопровождающимся большими материальными убытками и перебоями электроснабжения.

Основные проблемы крупных пожаров в помещениях РП - опасность взрыва, значительный нагрев и образование дыма, и которые могут привести к:

- Повреждению взрывом конструкции здания
- Термическому повреждению конструкции здания
- Повреждению дымом другого оборудования

Распределительный пункт 6 кВ относится по пожарной опасности к категории В, а помещение аккумуляторной батареи к категории В-Іа взрывопожарной опасности. Пожары, связанные с эксплуатацией электроустановок, происходят, главным образом, от коротких замыканий; от нарушения правил эксплуатации нагревательных приборов; от перегрузки оборудования; от образования больших местных переходных сопротивлений; от электрических искр дуг.

Помещение ОПУ

ОПУ относится к категории В по пожарной опасности. Для помещения ОПУ предусмотрены следующие средства пожаротушения:

2 углекислотных огнетушителя ОУ-8, 1 пенный огнетушитель ОХП-10, ящик с песком объемом 1 куб. метр и лопата, войлок 2×2 м (по ГОСТ-12.4.009-83). В обязательном порядке все комнаты в ОПУ оборудуются системой пожарной сигнализации.

Кабели

По территории кабели проложены в бетонных кабельных лотках, но это не исключает проникновения в них внешнего источника замыкания. Изоляция кабелей состоит из горючих материалов, способных самостоятельно гореть и после исчезновения внешнего источника. Одной из возможных причин возгорания кабелей могут стать токи утечки, появляющиеся при локальных повреждениях изоляции, поэтому их необходимо своевременно определять. В условиях данного объекта для локализации возможных возгораний возможна облицовка кабелей

специальными огнеупорными составами из эластичных материалов, которые не ухудшают охлаждение кабеля. При нагревании они вспучиваются и выдерживают от 30 до 60 минут открытого пламени.

Пожарная безопасность кабельных помещений достигается защитой кабельных линий от возгорания, а также применением автоматических систем пожаротушения.

Существует несколько способов защиты кабельных линий от возгорания:

- облицовка кабелей негорючими теплоизолирующими материалами;
- окраска или нанесение на защитные покровы кабеля или его оболочку огнезащитных составов;
- сооружение разделительных противопожарных перегородок в кабельных туннелях и шахтах;
- уплотнение прохода кабелей через перегородки и перекрытия.

Помещение АКБ

При работе АКБ возможно выделение паров серной кислоты, которая при концентрации 61 г/м^3 способна самовозгореться со взрывом, поэтому в обязательном порядке помещение оборудуется системой стационарной принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с производительностью $219 \text{ м}^3/\text{ч}$ и кроме того естественной вытяжной вентиляцией, обеспечивающий однократный обмен воздуха в час. Высота вентиляционной шахты - 2 м от уровня крыши ОПУ, привод системы вентиляции имеет взрывобезопасное исполнение. Системы окрашиваются негорючими красками, и помещение ограничивается по допуску для посторонних лиц.

Наличие в РП маслонаполненных аппаратов и контактов в электрических цепях, где возможен нагрев или искрообразование, определяет особую пожароопасность. Поэтому при производстве монтажных, эксплуатационных и аварийно-восстановительных работ запрещается курение и применение открытого огня.

Надежная эксплуатация трансформаторов 6/0,4 кВ и их пожарная безопасность должны обеспечиваться:

- соблюдением номинальных и допустимых режимов работы в соответствии с ПТЭ;
- соблюдением норм качества масла, а особенно его изоляционных свойств и температурных режимов;
- содержанием в исправном состоянии устройств охлаждения, регулирования и защиты оборудования;
- качественным выполнением ремонтов основного и вспомогательного оборудования, устройств автоматики и защиты;
- маслоприемные устройства под трансформатором, маслоотводы (или специальные дренажи) должны содержаться в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла и попадания его в кабельные каналы и другие сооружения;
- при образовании на гравийной засыпке твердых отложений от нефтепродуктов толщиной не менее 3 мм или появлении растительности и в случае невозможности ее промывки должна осуществляться замена гравия;
- при возникновении пожара на трансформаторе он должен быть отключен от сети всех напряжений и заземлен, если не отключился от действия релейной защиты, персонал должен вызвать пожарную команду и далее действовать по указаниям оперативных карточек пожаротушения;
- запрещается при пожаре на трансформаторе сливать масло из корпуса, так как это может привести к распространению огня на его обмотку и затруднить тушение пожара.

Инженерно – технические мероприятия по предупреждению ЧС природного и техногенного характера в процессе проведения строительно-монтажных работ предусматриваются:

- для предотвращения постороннего вмешательства в деятельность работы распределительного пункта, используются запирающие устройства;

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организационно технические мероприятия по электробезопасности Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе,
- перевода на другое место,
- окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- члены бригады.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

вывешены указательные плакаты "Заземлено", ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Электрическая безопасность в электроустановках должна обеспечиваться системой организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от поражения электрическим током и воздействия электрической дуги, а также от опасного воздействия электрических и магнитных полей:

- электроустановки должны быть снабжены средствами защиты от поражения электрическим током и воздействия электрической дуги, средствами оказания первой помощи.

- токоведущие части электроустановки должны быть недоступны для случайного прикосновения и расположены таким образом, чтобы была исключена возможность приближения человека на расстояние, при котором возможен пробой изоляционного промежутка между токоведущей частью и человеком.

- основная изоляция токоведущих частей должна выдерживать все воздействия, которым она может подвергаться в процессе эксплуатации. Удаление основной изоляции должно быть произведено только путем ее разрушения или демонтажа.

- для предотвращения поражения электрическим током проводящие части электроустановок и оборудования должны быть заземлены и должна быть исключена возможность появления на них напряжения,

представляющего опасность для человека, во всех режимах работы электроустановки.

- напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать нормативных значений.

- защитное заземление должно удовлетворять требованиям.

- для предотвращения выполнения ошибочных операций и доступа персонала к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в электроустановках должны быть предусмотрены блокировки.

- для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление, автоматическое отключение питания, уравнивание потенциалов, выравнивание потенциалов, двойная или усиленная изоляция, защитное электрическое разделение цепей, изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки. Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

- электроустановки должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность поражения человека напряжением шага.

- для предупреждения ошибочных действий персонала при техническом обслуживании электроустановок и при ликвидации технологических нарушений, помещения, оборудование, проводники и шины в электроустановках должны иметь обозначения, указательные надписи и (или) маркировку, обеспечивающие возможность однозначного распознавания их назначения, номинального напряжения и места в общей схеме электроустановки.

- должны быть предусмотрены меры, исключающие возможность выноса опасного напряжения по оболочкам кабелей и открытым проводящим частям сооружений за пределы электроустановки.

- электроустановки должны быть оборудованы надписями и

информационными знаками, предупреждающими людей о возможности поражения электрическим током при попытке проникнуть в электроустановку или влезть на ее конструкцию.

Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты людей, работающих в электроустановках от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги, электромагнитного поля. К средствам защиты относятся: очки, каски, диэлектрические перчатки, боты, калоши, индивидуальные экранирующие комплекты.

Правила применений и испытаний средств защиты, используемых в электроустановках, подразделяют электрозащитные средства на группы:

- штанги изолирующие, клещи изолирующие, указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки, боты, калоши, коврики, изолирующие подставки, изолирующие накладки;
- экранирующий костюм;
- переносные заземления.

Изолирующие штанги, в зависимости от их назначения, подразделяются на оперативные, ремонтные и измерительные.

Для установления наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях используют указатели напряжения типа УВН-10, УВН-90.

В качестве основного средства защиты в установках до 1000 В применяют диэлектрические перчатки, они служат средством защиты от напряжения прикосновения при операциях с ручными приводами и т.п. При работе в распределительном устройстве во время операций, выполняемых штангой, при проверке наличия или отсутствия напряжения применяют диэлектрические боты.

Защитой от шагового напряжения в зонах растекания или замыкания тока на землю является применение диэлектрических галош.

В процессе эксплуатации изолирующие средства защиты периодически осматривают и испытывают повышенными напряжениями в сроки,

предусмотренные правилами.

Согласно правилам, для бригады эксплуатационного обслуживания электроустановки, нормы комплектования средствами защиты следующие:

- изолирующие штанги (оперативные и измерительные)- 2 шт.;
- указатель напряжения выше 1000 В- 2 шт.;
- изолирующие клещи- 2 шт.;
- переносные заземления- 2шт. на 110 кВ;
- диэлектрические перчатки- не менее 2 пар;
- диэлектрические боты- 1 пара;
- защитные очки-2 пары;
- временные ограждения (щиты);
- плакаты и знаки безопасности;
- шланговый противогаз-2 шт.

Заземление КРУ 6 кВ

Заземляющее устройство является составной частью электроустановки и предназначено для обеспечения необходимого уровня электробезопасности в зоне обслуживания электроустановки и за ее пределами, для отвода в землю импульсов токов с молниеотводов, для создания цепи при работе защиты от замыканий на землю и для стабилизации напряжения фаз электрической сети относительно земли. План заземляющего устройства представлен на рисунке 4.9.

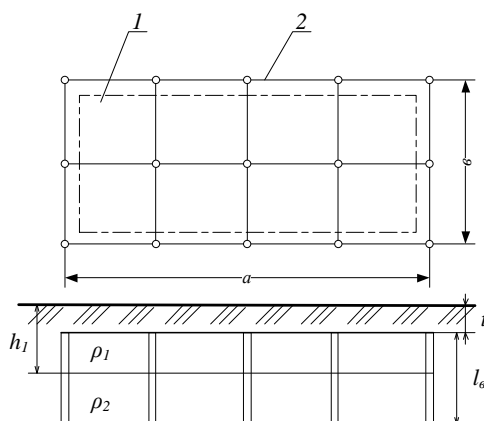


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3 - План заземляющего устройства:

1-площадь, занятая оборудованием;

2 - заземляющий контур;

h_1 - толщина верхнего слоя грунта, м;

t - глубина заложения заземлителей, м;

l_b - длина вертикальных заземлителей, м.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, прокладываются продольные и поперечные горизонтальные заземлители и объединяют их между собой в заземляющую сетку.

Продольные заземлители проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на уровне пола и на расстоянии 1,0 м от фундаментов или оснований оборудования.

Поперечные заземлители проложены на уровне пола и образуют с продольными заземлителями сетку с ячейками 10x10 м.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия принималась сумма времени действия защиты и полного времени отключения выключателя.

Грунт двухслойный: верхний толщиной $h_1=2$ м с удельным сопротивлением $\rho_1 = 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (с учетом промерзания), нижний с удельным сопротивлением $\rho_1 = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Длительность воздействия

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{отк.в}} = 0,1 + 0,065 = 0,165 \text{ с,}$$

где $t_{\text{рз}}$ – время действия релейной защиты;

$t_{\text{отк.в}}$ – время отключения выключения выключателя.

При $\tau_{\text{в}} = 0,165 \text{ с}$, наибольшее допустимое напряжение прикосновения

$U_{\text{доп}}=400$ В, согласно ГОСТ 12.1.038-82(88)ССБТ. Длина вертикального заземлителя $l_B=6$ м. Расстояние между вертикальными заземлителями $a=20$ м.

Коэффициент напряжения прикосновения

$$k_{\Pi} = \frac{M \cdot \beta}{\left(\frac{l_B \cdot L_{\Gamma}}{a \cdot \sqrt{S}} \right)^{0,45}} = \frac{0,806 \cdot 0,57}{\left(\frac{6 \cdot 320}{20 \cdot 34,64} \right)^{0,45}} = 0,452$$

где L_{Γ} – длина горизонтальных заземлителей определяется по плану;

M – параметр, зависящий от отношения ρ_1/ρ_2 ;

β – коэффициент, определяемый по сопротивлению тела человека $R_q=1$ кОм и сопротивлению растекания тока от ступеней

$$R_c = 1,5 \cdot \rho_{B,c} = 1,5 \cdot 500 = 750 \text{ Ом.}$$

Здесь $\rho_{B,c}$ – удельное сопротивление верхнего слоя земли Ом·м.

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot \rho_{B,c}} = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 500} = 0,57$$

Потенциал на заземлителе:

$$U_3 = \frac{U_{\text{доп}}}{k_{\Pi}} = \frac{400}{0,452} = 0,885 \text{ кВ,}$$

что в пределе допустимого (меньше 10 кВ).

Сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{3,\text{доп}} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{885}{1749,2} = 0,506 \text{ Ом,}$$

где $I_3 = 0,4 \cdot I_{\Pi,0}^{(1)} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 8746 = 1749,2$ А – ток стекающий с заземлителя

при однофазном коротком замыкании, где $I_{\Pi,0}^{(1)}$ – периодическая составляющая тока однофазного к.з. из пункта 1.3.

Число вертикальных заземлителей по периметру контура при $a/l_s = 1$:

$$n_B = \frac{\sqrt{S} \cdot 4}{l_B} = \frac{34,64 \cdot 4}{6} = 23,19 ;$$

принимая $n_B = 23$.

Общая длина вертикальных заземлителей:

$$L_B = l_B \cdot n_B = 6 \cdot 23 = 138, \text{ м.}$$

Относительная глубина:

$$\frac{l_B + t}{\sqrt{S}} = \frac{6 + 0}{34,64} = 0,273$$

где $t=0$, т.к. заземляющая сетка расположена на полу.

Общее сопротивление заземлителя

$$R_3 = A \cdot \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_{\text{э}}}{L_B + L_T} = 0,211 \cdot \frac{60,8}{34,64} + \frac{60,8}{138 + 240} = 0,485 \text{ Ом,}$$

где $\rho_{\text{э}}$ – эквивалентное удельное сопротивление земли, определяем $\rho_3 / \rho_2 = 1,52$ тогда $\rho_3 = 1,52 \cdot \rho_2 = 1,52 \cdot 40 = 60,8 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$

$$A = \left(0,444 - 0,84 \cdot \frac{l_B + t}{\sqrt{S}} \right) = \left(0,444 - 0,84 \cdot \frac{6 + 0}{34,64} \right) = 0,211$$

Полученное общее сопротивление заземлителя меньше допустимого

$$(R_{3,\text{доп}} = 0,506 \text{ Ом}).$$

Напряжение прикосновения:

$$U_{\text{пр}} = k_{\text{П}} \cdot I_3 \cdot R_3 = 0,452 \cdot 1749,2 \cdot 0,485 = 383,46 \text{ В}$$

что меньше допустимого значения 400 В.

Так как найденное напряжение прикосновения не превышает допустимого и сопротивление заземляющего устройства меньше допустимого, то выбранное заземляющее устройство принимаем как удовлетворяющее всем критериям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно техническому заданию в первой части дипломного проекта были выбраны схема РУ всех напряжений, рассчитаны токи короткого замыкания на шинах подстанции и максимальные рабочие токи. По результатам данных расчётов произведён выбор нового оборудования. Расчёт показал, что оборудование удовлетворяет условиям проверки.

Во второй части дипломного проекта был рассмотрен вопрос углубленной проработки. Выбор выключателей 6 кВ. проведен расчет технико-экономического обоснования.

В третьей части дипломного проекта проведен расчет технико-экономического обоснования.

В четвертой части было описано состояние и требуемые мероприятия для ведения работ в распределительном пункте.

Технические решения, принятые в проекте, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Ушкалов И. В.				Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Козлова Л. Е.						132	136
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил	Прохоров А. В.							

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Электротехнический справочник: В 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн 1. Производство и распределение электрической энергии /Под общ. ред. Профессоров МЭИ: И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.
2. Справочник по проектированию электрических систем./ Под редакцией С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергия, 1971 – 248 с.
3. Справочник по проектированию электроснабжения. Под редакцией Ю.Г. Барыбина, Л.Е. Фёдорова, М.Г. Зименкова, А.Г. Смирнова. – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с.
4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.
5. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1996 – 648 с.
6. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 528 с.
7. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергия, 1980 – 599 с.

Дополнительная литература

8. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М.: Энергоатомиздат, 1984.
9. Идельчик В.И. Электрические сети и системы. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

					ФЮРА.140205.016 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Список используемых источников	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Ушкалов И. В.							
Руковод.	Козлова Л. Е.						133	136
Реценз.						ТПУ ИнЭО гр. 3-9202		
Н.Контр								
Утвердил	Прохоров А. В.							

11. Оценка надежности электроустановок. Под редакцией Б.А. Константинова. – М.: Энергия, 1974. 8 Ю.А. Фокин. Надежность и эффективность сетей электрических систем. – М.: Высш. шк., 1989
12. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей: Учебное пособие для студентов ВУЗов; под ред. В.М. Блок - М.: Высшая школа, 1981 - 304с. Правила устройства электроустановок.- М.: Энергоатомиздат, 2000.
13. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем. Под ред. В.Н. Казанцева. –М.: Энергоатомиздат, 1983.
14. Р. Хэвиленд. Инженерная надежность и расчет на долговечность. М.: Энергия, 1966.
15. Работы учебные. Фирменный стандарт. СТ НАО 56023-1910-01-2009.
16. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
17. Руденко Ю.Н., Ушаков И.А. Надежность систем энергетики. – М.: Наука, 1986.
18. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. - М.: Энергоатомиздат, 1985 г.
19. Электрические сети и системы. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1986.
20. <http://www.forca.ru> 14. <http://www.twirpx.com>.
21. <http://www.twirpx.com>.
22. <http://www.wikipedia.com>.